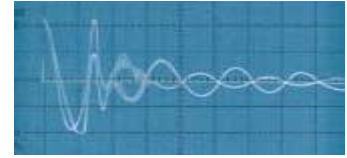


**SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES  
DE INDUCCION**



**SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES  
DE INDUCCION**

**ADOLFO LEON HERNANDEZ ABADIA**

**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE**

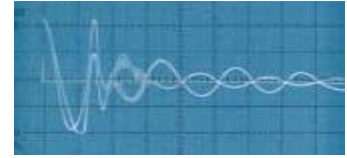
**DIVISION DE INGENIERIAS**

**PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA**

**SANTIAGO DE CALI**

**2002**

**SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES  
DE INDUCCION**



**SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES  
DE INDUCCION**

**ADOLFO LEON HERNANDEZ ABADIA**

**Trabajo de grado para optar al titulo de  
Ingeniero Eléctricista**

**Director  
ENRIQUE CIRO QUISPE OQUEÑA  
Ingeniero Eléctricista**

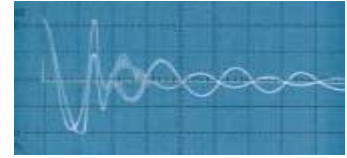
**CORPORACION UNIVERSITARIA AUTONOMA DE OCCIDENTE**

**DIVISION DE INGENIERIAS**

**PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA**

**SANTIAGO DE CALI**

**2002**



**Nota de aceptación**

**Trabajo aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Eléctricista.**

**KENJI WATANABE**

---

**Jurado**

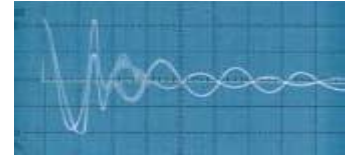
**JOHNNY POSADA**

---

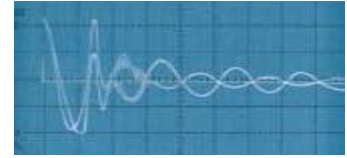
**Jurado**

**Santiago de Cali, 18,12,2002**

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



Este trabajo es el fiel testimonio de mi esfuerzo personal, de mis familiares y de todos aquellos a quienes más quiero. Como personas dotadas con excepcionales condiciones humanas y profesionales, me aportaron su sincera voz de aliento en momentos definitivos de este trabajo. El hecho de haber estado siempre atentas al desarrollo de mi tesis, hace posible que hoy sea una espléndida realidad este Software soft-máquinas, que comparto de corazón con todos ellos.



## AGRADECIMIENTOS

Quiero, primero que todo, dar gracias a Dios por fortalecerme durante los años que realicé mis cursos de pregrado, hasta la finalización de mi trabajo de grado.

Mis agradecimientos son inmensos para todas las personas que me escucharon, que apoyaron mis ideas, que aportaron toda su capacidad profesional para llevar a cabo este software soft-máquinas.

Gracias por el apoyo que me dió mi jefe, Holger Hilkinge Tampe al concederme los permisos y requerimientos técnicos para el desarrollo del trabajo de grado. Al señor Tobías Carvajal en la corrección del texto y contenido de mi tesis, a mi asesor, Ingeniero Electricista, Carlos Ramírez, egresado de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente y jefe del "Laboratorio Tecno-Eléctrico", ya que en todo momento estuvo atento a mis preguntas y necesidades, al señor Luis Asprilla, "Taller Electro Asociados", señor Carlos Alberto Gaviria, "Taller Eléctrico Gaviria", señor Luis Fernando Villegas "Mantenimientos Eléctricos Industriales", por prestar sus instalaciones para la realización de pruebas y recopilación del material fotográfico para soft-máquinas; a los talleres IME y Confecciones Eléctricas; a mis asesores en Visual Basic, Flower Sánchez, Robinson Medina, Luis Alfonso Collazos y Yimer Cruz Silva, Auxiliar de sistemas de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente; al ingeniero Carlos Octavio Muñoz en su cátedra de centros de control, ya que ésta fue base fundamental para la implementación de la prueba toroidal asistida por un microcomputador; a mis compañeros del curso de centros de control, Jorge Enrique Montenegro y Mauricio García G., estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Corporación Universitaria Autónoma



de Occidente. En el área digital y electrónica estuve siempre respaldado por los profesores, Ingeniero César Marino Rojas, Ingeniera Juanita María Campo, Ingeniero Humberto Gironza y el Ingeniero Francisco Javier Quintero, egresado de la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

Los galardones son para la Corporación Universitaria Autónoma de Occidente por la formación académica recibida, hasta optar el título de Ingeniero Electricista. La estructura de este proyecto de grado se fundamentó gracias a las cátedras de conversión de energía, campos electromagnéticos, administración de proyectos, evaluación de proyectos, Electrónica I y II, Electrónica de potencia, Digital I, y Centros de Control.

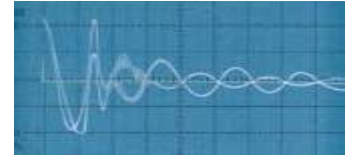
# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	21
1. RESEÑA HISTORICA	23
2. DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES	25
2.1 PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES	25
2.2 LAS REGLAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES	27
3. BASE DE DATOS DEL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	29
3.1 EL CONCEPTO DE UNA BASE DE DATOS	29
3.2 IMPORTANCIA DE LA BASE DE DATOS	30
3.3 DEFINICION DE TABLAS	30
3.4 ARCHIVOS MAESTROS	30
3.4.1 Clientes	31
3.4.2 Proveedores	31
3.4.3 Ciudad	31

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
3.4.4 Departamento	31
3.4.1 País	31
3.4.2 Elementos	31
3.4.7 Materiales	32
3.4.8 Producto	32
3.4.9 Actividad	32
3.4.9 Cargo	32
3.4.10 Compañía	32
3.5 REPORTES	32
3.5.1 Costos	33
3.5.2 Compras	33
3.5.3 Inventarios	33



# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
4. FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION Y SUS PARTES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	34
5. FALLAS COMUNES EN LOS MOTORES DE INDUCCION EN SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	37
5.1 FALTA DE FASE CONEXION ESTRELLA	38
5.2 FALTA DE FASE CONEXION TRIANGULO	39
5.3 CORTOCIRCUITO ENTRE FASES	40
5.4 CORTOCIRCUITO ENTRE ESPIRAS	41
5.5 CORTO EN UNA ESPIRA	42
5.6 DEVANADO ATERRIZADO AL FINAL DE LA RANURA	43
5.7 DEVANADO ATERRIZADO DENTRO DE LA RANURA	44
5.8 CORTO CIRCUITO EN LAS CONEXIONES INTERNAS	45
5.9 FALLA POR DESBALANCE DE VOLTAJE	46
5.10 FALLA POR SOBRECARGA	47
5.11 MOTOR QUEMADO POR ROTOR BLOQUEADO	48

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
5.12 MOTOR QUEMADO POR PICO DE TENSION	49
6. REGISTROS DE DATOS DEL MOTOR DE INDUCCION EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	50
7. RECOMENDACIONES PARA LA REPARACION DE MOTORES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	51
7.1 INSPECCION FISICA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	52
7.2 CENTRICIDAD EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	53
7.3 METALIZACION DEL EJE DEL INDUCIDO	54
7.4 RECTIFICACION DEL EJE	55
7.5 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN EL SOFTWARE	56
7.6 CONTINUIDAD EN LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	57
7.7 CORTO ENTRE ESPIRAS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	58
7.8 ESTADO DE LA JAULA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	59
7.9 POLARIDAD EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	60

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



Pág.

7.10 MEDICION DEL INDICE DE POLARIZACION EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	62
7.11 ALTO VOLTAJE EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	63
7.12 PRUEBA DE IMPULSO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	64
7.13 PRUEBA VACIO DE LA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	65
7.14 VIBRACION DE LA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	66
7.15 PRUEBA TOROIDAL (PERDIDAS WATIOS VS. PESO) EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	67
7.15.1 Prueba toroidal asistida por un microcomputador en el software soft-maquinas	69
7.15.1.1 Sensor de línea	70
7.15.1.2 Fuentes de voltaje	70
7.15.1.2.1 Fuente (12 y -12 Voltios)	70
7.15.1.2.2 Fuente de 5 voltios	70
7.15.1.2.3 Fuente de 12 voltios	70
7.15.1.3 Circuito integrado ADC0808	71

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
7.15.1.4 Sensor de temperatura	72
7.15.1.5 Sensor de voltaje y corriente	73
7.15.1.6 Etapa de potencia	75
7.15.1.7 Equipo para pruebas de núcleo	76
7.15.1.8 Circuito esquemático del equipo	77
7.16 PRUEBAS EN PLANTA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	78
8. DESMANTELACION DE LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	79
8.1 BARNIZ	79
8.2 APLICANDO CANDELA	79
8.3 DETERIORO DEL NUCLEO POR QUEMA NO CONTROLADA DEL BARNIZ	81
8.4 USANDO HORNO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	82
8.5 USANDO SOLVENTES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	83
9. EXTRACCION DE LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	84
9.1 MANUALMENTE EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	84

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
9.2 USANDO MAQUINARIA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	86
10. FORMULAS PARA ESTIMAR LOS DEVANADOS DE UNA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	88
10.1 FORMULAS TIPICA PARA UN MOTOR MONOFASICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	88
10.2 FORMULAS TIPICAS PARA UN MOTOR TRIFASICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	89
11. BOBINADO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	91
11.1 FIBRA O DIELECTRICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	91
11.1.1 Corte de la fibra que aísla las bobinas y el núcleo	92
11.2 BOBINADO MANUAL EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	93
11.3 BOBINADO CON MAQUINAS CONVENCIONALES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	94
11.4 BOBINADO CON MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS	96
12. REQUIRIMIENTOS PARA INSTALAR EL PAQUETE SOFT-MAQUINAS	97
12.1 SOFTWARE OPERATIVO	97

# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



	Pág.
13. INSTALACION DEL PAQUETE SOFT-MAQUINAS	98
14. MANEJO DEL PAQUETE SOFT-MAQUINAS	99
15. CONCLUSIONES	100
16. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFIA	102



## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Motor de Faraday	24
Gráfica 2. Funcionamiento de los motores	25
Gráfica 3. Regla de la mano izquierda	27
Gráfica 4. Regla de la mano derecha	28
Gráfico 5. Motor monofasico	35
Gráfico 6. Motor de jaula de ardilla	36
Gráfico 7. Motor de jaula de ardilla (Densidad de flujo)	36
Gráfico 8. Motor de corriente continua	36
Gráfico 9. Generador sincro (líneas de flujo)	36
Gráfico 10. Falta de fase conexión estrella	38
Gráfico 11. Falta de fase conexión triángulo	39
Gráfico 12. Cortocircuito entre fases	40
Gráfico 13. Cortocircuito entre espiras	41
Gráfico 14. Corto en una espira	42
Gráfico 15. Devanado aterrizado al final de la ranura	43
Gráfico 16. Devanado aterrizado dentro de la ranura	44
Gráfico 17. Corto circuito en las conexiones internas	45



	Pág.
Gráfico 18. Falla por desbalance de voltaje	46
Gráfica 19. Falla por sobrecarga	47
Gráfica 20. Motor quemado por rotor bloqueado	48
Gráfico 21. Motor quemado por pico de tensión	49
Gráfico 22. Registro de datos del motor	50
Gráfica 23. Verificación de medidas del Eje	52
Gráfica 24. Verificación de las medidas del soporte	52
Gráfica 25. Inspección de Induccido	52
Gráfica 26. Inspección del estator	52
Gráfico 27. Balanceo del rotor	53
Gráfico 28. Balanceo Dinámico Computarizado	53
Gráfica 29. Metalización del eje del inducido	54
Gráfico 30. Rectificación del eje	55
Gráfico 31. Resistencia de aislamiento en Software Soft-Maquinas	56
Gráfico 32. Continuidad en los devanados	57
Gráfica 33. Corto entre espiras usando el BAKER	58
Gráfica 34. Estado de la jaula	59
Gráfica 35. Prueba de polaridad usando una puntilla	60





	Pág.
Gráfica 36. Prueba de polaridad usando un balón	61
Gráfica 37. Prueba de polaridad usando una brújula	61
Gráfica 38. Megger automático de 5 KV	62
Gráfica 39. Prueba de polarización empleando Megger	62
Gráfico 40. Prueba de alto voltaje	63
Gráfica 41. Motor en prueba de alto voltaje	63
Gráfica 42. Curva de la prueba de alto voltaje	63
Gráfico 43. Prueba de impulso	64
Gráfica 44. Prueba de vacío	65
Gráfica 45. Vibración de la maquina	66
Gráfica 46. Vibración de la maquina	66
Gráfica 47. Prueba toroidal asistida por un PC	69
Gráfica 48. circuito integrado ADC 0808	71
Gráfica 49. Sensor de temperatura	72
Gráfica 50. Sensor de voltaje y corriente	73
Gráfica 51. Transformador de corriente	74
Gráfica 52. Equipo para la prueba núcleo asistida por un PC	76
Gráfica 53. Circuito esquemático del equipo	77



Pág.

Gráfica 54 Prueba en planta de un motor eléctrico, usado un instrumento de marca BAKER	78
Gráfica 55. Método usando gas propano - candela	80
Gráfica 56. Método usando madera	80
Gráfica 57. Deterioro del núcleo del motor eléctrico	81
Gráfica 58. Horno de incinerado no contaminante	82
Gráfica 59. Motores en curado del barniz	82
Gráfica 60. Solvente para retirar el barniz de los bobinados	83
Gráfica 61 Corte de corona	84
Gráfica 62 Lado posterior del motor	84
Gráfica 63. Retiro devanado con martillo y cincel	85
Gráfico 64. Devanado para retirar	85
Gráfica 65. Retiro de devanados con alicate	85
Gráfica 66. Estator desmantelado	85
Gráfica 67. Martillo neumático	86
Gráfica 68. Maquina con disco de corte coronas del devanado	87
Gráfica 69. Maquinas para corte de corono en los motores eléctricos	87
Gráfica 70. Maquinaria para extraer los devanados	87



	Pág.
Gráfica 71. Fibra - dieléctrico	92
Gráfica 72. Trazado de la fibra	92
Gráfica 73. Corte de la fibra	92
Gráfica 74. Pliegue de la fibra	92
Gráfica 75. Insertado de la fibra	92
Gráfica 76. Estator enfibrado	92
Gráfica 77. Molde bobina	93
Gráfica 78. Paso bobina	93
Gráfico 79 Marcado del paso en estator	93
Gráfica 80. Cuñas para inicio bobinas	93
Gráfica 81. Ajuste cuñas	93
Gráfica 82. Cuña en la ranura	93
Gráfica 83. Maquina bobinadora	94
Gráfica 84. Moldes para bobinado	94
Gráfica 85. Funcionamiento de la maquina bobinadora	94
Gráfica 86. Bobina terminada con molde	95
Gráfica 87. Insertado de la bobina en el estator	95



Pag.

Gráfica 88. Maquina bobinadora por control numérico

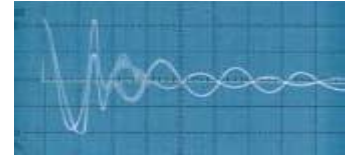
96



## RESUMEN

En el software soft-máquinas encontraremos los temas más importantes que implican la reparación de un motor eléctrico de inducción, partiendo desde los gastos fijos y variables hasta las pruebas que se deben realizar con el fin de garantizar un buen diagnóstico y reparación. Este software realiza la prueba toroidal a los motores eléctricos, asistida por un PC, empleando electrónica digital y de potencia como interface para realizar la prueba.

Por medio de este software podemos calcular la cantidad de alambre necesario para el bobinado de un motor eléctrico de inducción. El software está diseñado con carácter didáctico y puede ser empleado como material de apoyo en la cátedra de máquinas eléctricas para ingenieros eléctricos y otras ingenierías.



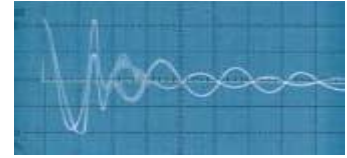
## INTRODUCCION

El gran objetivo del presente trabajo es ilustrar de forma didáctica, sobre la mayoría de las variables que se pueden presentar en la reparación de un motor eléctrico de inducción.

El software soft-máquinas se ha desarrollado bajo el ambiente Visual Basic 6, ya que éste reúne una cantidad de recursos propios para ilustrar claramente el procedimiento que se debe seguir en la reparación de un motor eléctrico.

Gracias al Visual Basic, este software soft-máquinas se puede conectar a una base de datos, en este caso Access, el cual almacena datos para efectos de cálculos y datos básicos para el funcionamiento del software. Dicha base de datos está parametrizada según normas elementales para la adquisición de datos de forma dinámica.

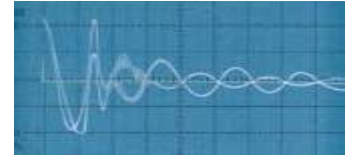
El software soft-máquinas ilustra de forma práctica sobre las partes y el funcionamiento del motor eléctrico desde su punto de vista físico y los enlaces de flujo que se generan en el momento que energizamos el motor, ilustrando así la teoría de campos electromagnéticos. Podemos, también, observar las fallas típicas de los motores eléctricos y la aplicación de un equipo diagnosticador del estado del bobinado de marca **BAKER**. En el software podemos encontrar una forma de pantalla básica para ingreso de todos los datos necesarios, para efectos de realizar un buen diagnóstico y reparación de motores eléctricos de inducción. En este trabajo encontraremos de forma ilustrada la gran mayoría de pruebas que se deben realizar antes y después de reparar un motor eléctrico, como métodos alternativos al no contar con equipos



de prueba sofisticados. Igualmente, cómo debemos retirar las bobinas quemadas de forma industrial y artesanal. El software también calcula la cantidad de alambre necesario para bobinar un motor eléctrico de inducción y nos entrega un valor aproximado del costo de la reparación, incluyendo los gastos fijos y variables.

Se muestra también una comparación de cómo los talleres pequeños y de escasos recursos bobinan los motores eléctricos de inducción Vs. la industria especializada, con maquinaria apta para la reparación de los motores eléctricos de igual condición.

En este software no se han considerado aspectos de diseño ni técnicos con especial profundidad, debido a la gran diversidad de normas, convenios regionales e internacionales. Las personas que empleen este material deben retomar las normas con las que se identifiquen, con el fin de respetar los puntos de vista de los ingenieros de diseño y reparación.

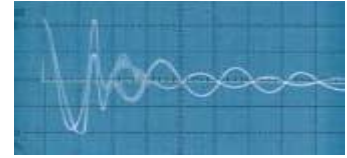


## 1. RESEÑA HISTORICA

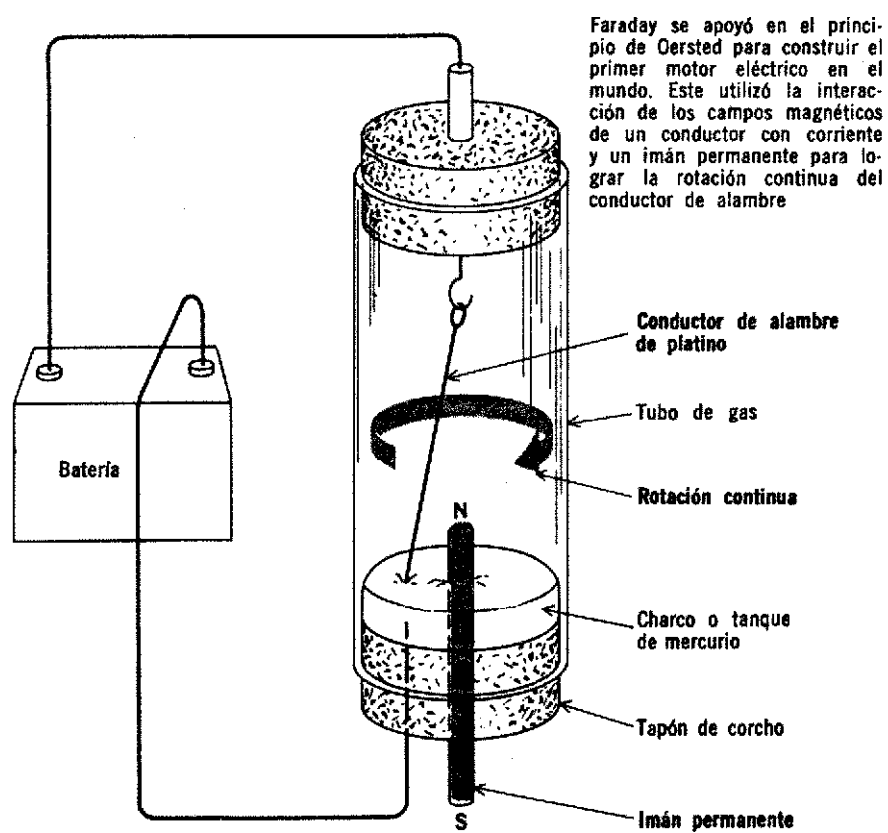
Con el aporte de los hombres que nos dieron las grandes bases para nuestra ingeniería eléctrica, el mundo cambió. Oersted descubrió que la electricidad se podía emplear para producir movimiento. Aprovechando este descubrimiento, Faraday construyó en 1821 el primer motor eléctrico del mundo y, diez años más tarde, siguiendo el mismo razonamiento, pero en sentido inverso, descubrió el principio del generador eléctrico.

Faraday trataba que el movimiento producido por el experimento de Oersted fuera continuo, en lugar de un simple desplazamiento giratorio de posición. En sus experimentos, Faraday pensaba en líneas de fuerza magnética. Visualizó la existencia de líneas de flujo alrededor de un conductor que lleva corriente y una barra magnética y así pudo construir un aparato dentro del cual las diferentes líneas de fuerza podían interactuar para producir una rotación continua. El motor básico de Faraday dispone de un conductor que puede girar libremente alrededor del extremo de un imán recto. El extremo inferior del conductor se encuentra en un dispositivo de mercurio, lo cual hace posible que el conductor gire y, al mismo tiempo, mantenga un circuito eléctrico cerrado. En la siguiente página se ilustra el motor de Faraday.

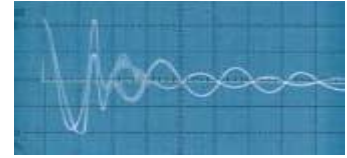




Gráfica 1. Motor de Faraday



Fuente Electricidad siete, 7-3P

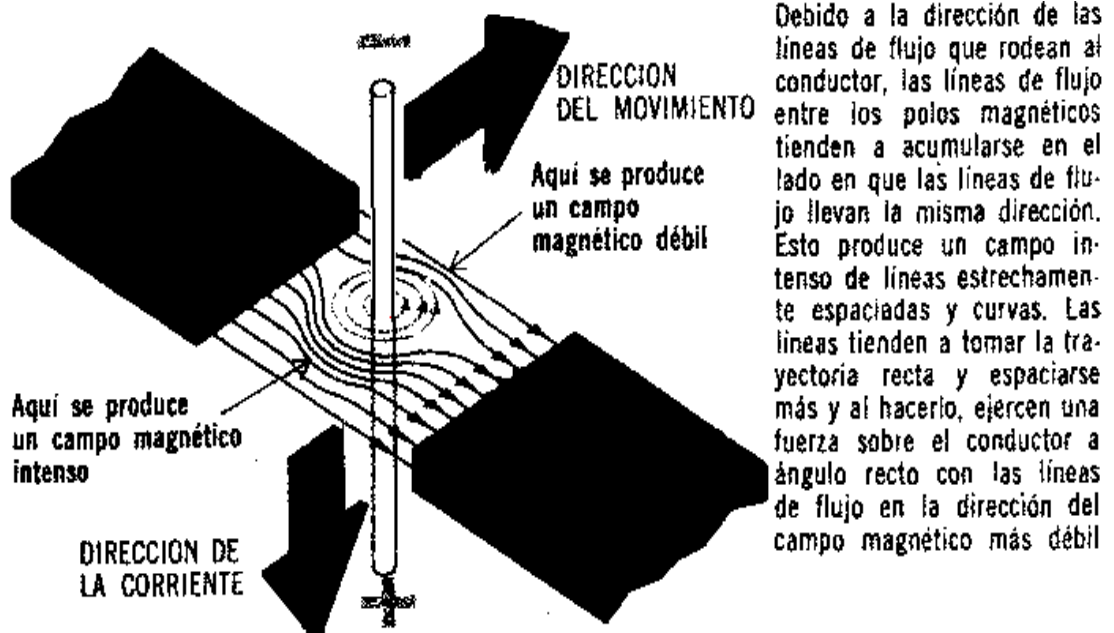


## 2. DEFINICION Y CONCEPTOS GENERALES

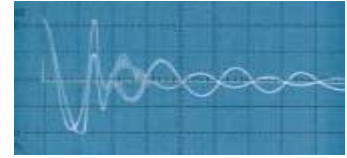
### 2.1 PRINCIPIOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

Aunque el funcionamiento de Faraday era ingenioso, no se podía usar para efectuar trabajo práctico. Esto se debía a que su eje impulsor estaba encerrado y sólo podía producir un movimiento orbital interno; no podía transferir su energía mecánica al exterior para impulsar una carga externa. No obstante, aquel motor sirvió para mostrar cómo se podía lograr que los campos magnéticos de un conductor y un imán se intercalaran, para producir movimiento continuo. En el motor de Faraday, el motor de alambre giraba fuera del campo del imán. En un motor práctico, el rotor debe atravesar las líneas de fuerza del imán.

Gráfica 2. Funcionamiento de los motores

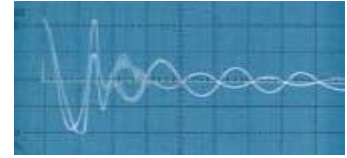


Fuente Electricidad siete, 7-4P



Cuando se hace pasar una corriente a través del conductor, se producen líneas de fuerza circulares a su alrededor. La dirección de estas líneas de flujo es descrita por la regla de la mano izquierda. Las líneas de fuerza de un imán van del polo Norte al polo Sur. Obsérvese que en un lado del alambre, las líneas de fuerza magnéticas tienen la misma dirección del campo circular que rodea el conductor. En cambio, al otro lado sigue la dirección opuesta; como resultado, las líneas de flujo del conductor se oponen a las líneas de fuerza del imán. Como las líneas de flujo siguen su trayectoria de menor resistencia, en el otro lado del conductor se concentra un mayor número de ellas. Debido a esto, las líneas de flujo se desvían y queda muy poco espacio entre ellas. Estas líneas tienden a enderezarse y separarse más ampliamente, por lo cual la parte del campo donde éstas están más curvas y densas empujan al conductor hacia el otro lado.

La dirección en la que se mueve el conductor se determina por la regla de la mano derecha. Si la corriente que fluye en el conductor siguiese la dirección opuesta, la dirección de las líneas de flujo se invertiría y el conductor sería impulsado en sentido opuesto. Ver figura en la página siguiente.



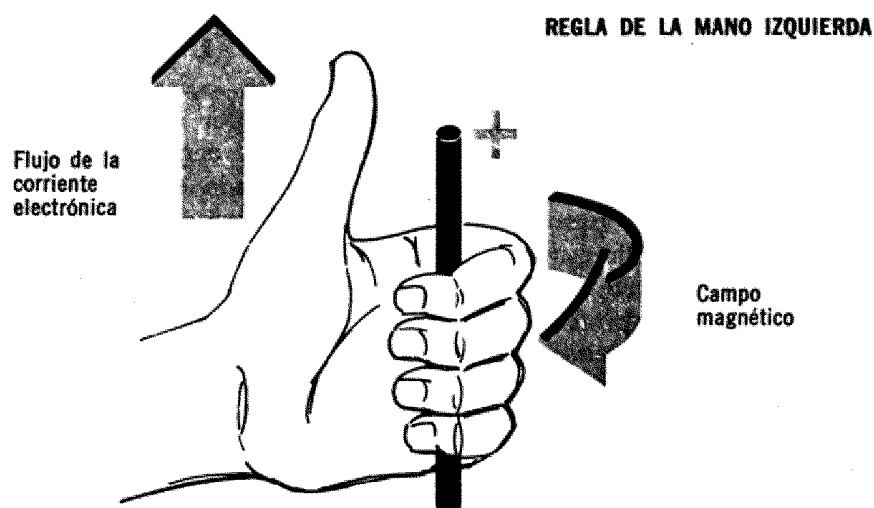
## 2.2 LAS REGLAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

La regla de la mano izquierda indica la dirección de las líneas de flujo que hay al rededor de un conductor que lleva corriente.

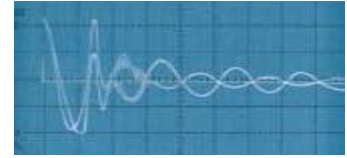
Cuando el pulgar señala en dirección de la corriente eléctrica, los otros dedos señalan en la misma dirección que las líneas de fuerza magnéticas.

La regla de la mano derecha para motores indica la dirección en que un conductor con corriente se moverá en un campo magnético y el dedo cordal se alinea en la misma dirección que la corriente del conductor, el pulgar señalará la dirección hacia donde se moverá el conductor.

Gráfica 3 Regla de la mano izquierda



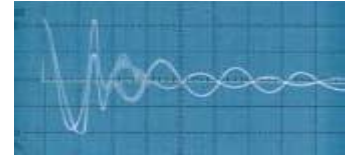
Fuente Electricidad siete, 7-5p



Gráfica 4 Regla de la mano derecha



Fuente Electricidad siete, 7-5p



### **3. BASE DE DATOS DEL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

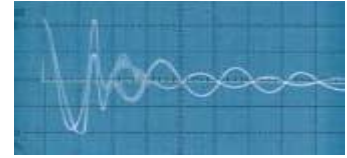
Una parte importante en todos los desarrollos industriales son las bases de datos. Dependiendo del volumen de datos se emplean motores como Access, Informix, Oracol, Fox-pro. etc. Estos manejadores poseen la característica de ser transicionales con lo cual aseguran la integridad de la información.

#### **3.1 EL CONCEPTO DE UNA BASE DE DATOS**

El concepto básico en el almacenamiento de datos es el registro. El registro agrupa la información asociada a un elemento de un conjunto y está compuesto por campos. Así por ejemplo, un registro correspondiente a un libro no es más que un elemento de un conjunto: biblioteca, elenco bibliográfico, etc. A su vez, ese registro contiene toda la información asociada al libro, clasificada en campos: título, autor, fecha de edición, etc.

Se puede hablar de propiedades, características o campos característicos y propiedades secundarias o campos secundarios, según definan o complementen el elemento representado por el registro.

Por ejemplo, el registro empleado tiene los siguientes campos: DNI, Nombre, Apellidos, Edad, Población, Sueldo. Los campos DNI, Nombre y Apellidos son elementos o campos característicos. Los restantes son secundarios. Un fichero o tabla es un conjunto de registros homogéneos con la misma estructura.



Con este concepto se estructuró la base de datos software soft-máquinas.

### **3.2 IMPORTANCIA DE LA BASE DE DATOS**

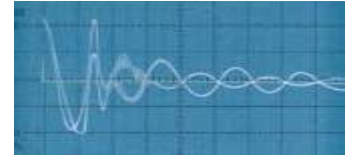
En todo trabajo son fundamentales las bases de datos y en especial en éste, pues nos permite parametrizar registros y hacer que el software actúe de forma modular y dinámica. Esta virtud hace que podamos realizar soluciones efectivas y de alto rendimiento.

### **3.3 DEFINICION DE TABLAS**

Las tablas de datos se definen previamente, según condiciones técnicas establecidas en el estudio inicial de todo proyecto. A continuación podemos leer la descripción de cada una de las tablas que forma la base de datos del software soft-máquinas.

### **3.4 ARCHIVOS MAESTROS**

Los archivos maestros son el recurso más valioso y de éstos depende el noventa por ciento del software soft-máquinas. Cada tabla tiene parámetros que permiten a los usuarios variar para obtener resultados de acuerdo a su necesidad.



**3.4.1 Clientes** En la tabla cliente se almacenan los datos básicos de un cliente, con el fin de llevar un registro detallado de cada uno, que nos permita medir cuál es el sector de la industria, comercio o residencial al que estamos llegando y llevar un control de los motores reparados en nuestro taller.

**3.4.2 Proveedores** La tabla proveedor permite consignar la información necesaria para establecer vínculos comerciales con los proveedores de materia prima e insumos, para el buen desempeño de nuestras labores.

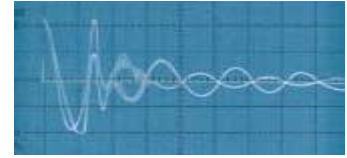
**3.4.3 Ciudad** En la tabla ciudad se registra la información básica que se requiere para los cálculos de los devanados y el dieléctrico necesario para rebobinado de la máquina. Estos aspectos básicos son esencialmente la temperatura promedio de la ciudad.

**3.4.4 Departamento** La tabla departamento identifica la ubicación geográfica de los clientes en un territorio.

**3.4.5 País** La tabla país indica la frecuencia nominal de cada país para los respectivos cálculos.

**3.4.6 Elementos** La tabla elementos permite la codificación y parametrización de cada elemento para sus respectivos cálculos e identificación, tales como motores de inducción, transformadores, etc.





**3.4.7 Materiales** La tabla materiales permite identificar en la base de datos los insumos tales como: alambre esmaltado, papel dieléctrico, espaguetis etc.

**3.4.8 Producto** La tabla producto cumple una función muy importante: debe llevar un control absoluto de todos los productos necesarios para la reparación de una máquina eléctrica. Es de vital importancia porque esta tabla maneja los inventarios y compras de un taller.

**3.4.9 Actividad** En la tabla actividad se registran las actividades más relevantes dentro de la comunidad industrial y permitirá saber a qué sector de la industria le estamos trabajando.

**3.4.10 Cargo** En la tabla cargo se registran los cargos de las personas con las cuales estableceremos un vínculo comercial en el servicio de reparación de sus motores de inducción.

**3.4.11 Compañía** En la tabla compañía se almacenan los diferentes nombres con el fin de compartir recursos y crear parámetros definidos por la industria.

### 3.5 REPORTES

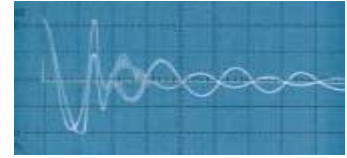
Los reportes son fundamentales en todo proceso y estos serán el apoyo para obtener la información necesaria para efectos administrativos y operativos del software soft-máquinas.



**3.5.1 Costos** Este módulo permitirá llevar detalladamente todos los gastos fijos en los cuales se incurre para el sostenimiento administrativo y operativo, así como los que se generan en el momento de la reparación de una máquina eléctrica.

**3.5.2 Compras** El módulo compras funciona de acuerdo a las necesidades y los parámetros que se fijan en tabla productos, donde queda registrado cuál es la cantidad mínima necesaria que se debe tener en existencia con el fin de contar con los insumos necesarios para el buen desempeño del taller.

**3.5.3 Inventarios** El módulo inventario nos permitirá ejercer un control más detallado de la materia prima que se posee en cuanto a las cantidades y el valor de las mercancías en inventario.



#### **4. FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION Y SUS PARTES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

El software tiene un módulo que representa en forma clara cómo se forman las líneas de flujos y las densidades del mismo en el momento que se energizan las bobinas de un motor eléctrico. Los aspectos teóricos se pueden ubicar en libros especializados de diseño de máquinas eléctricas de Corrales, Gourishankar y Kostenko. Se hace referencia a estos títulos y a otros textos de diseño de máquinas, porque se busca únicamente en este trabajo un aspecto meramente didáctico para aquellas personas que empiezan a conocer sobre las máquinas eléctricas. Por tal razón en este módulo se encuentran todas las partes de un motor de inducción monofásico, donde se indica el nombre de cada una de sus partes, su función y sus componentes. La siguiente figura ilustra un motor monofásico y en la siguiente página una representación de flujos que se generan en las máquinas eléctricas.

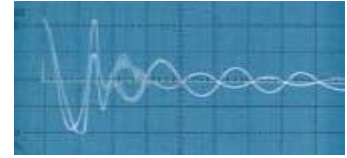
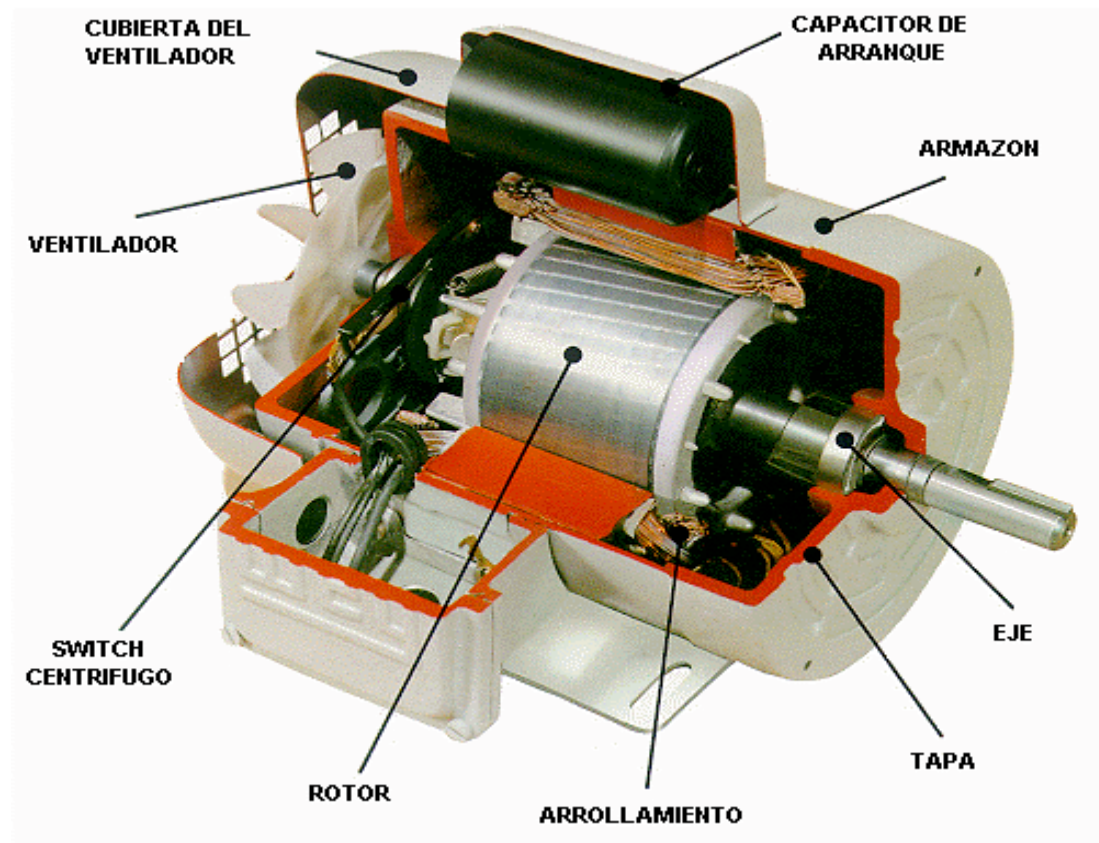


Gráfico 5. Motor monofasico

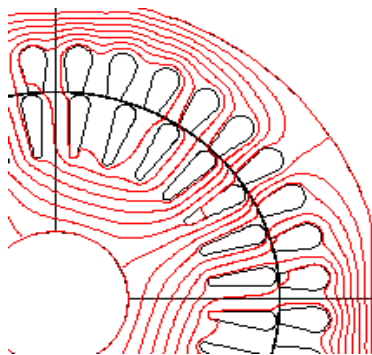


Fuente <http://alek.pucp.edu.pe/ApoyoaEn/MaquinasEl/monofas.htm>



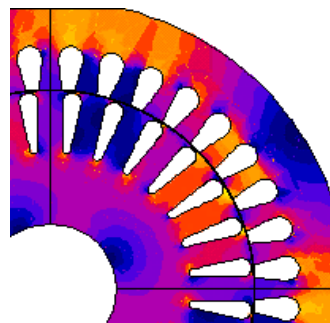
Estas figuras se pueden visualizar de forma animada en el software soft-máquinas, ya que representan, de forma didáctica, las líneas de flujo que se forman en las máquinas eléctricas.

Gráfico 6. Motor de jaula de ardilla



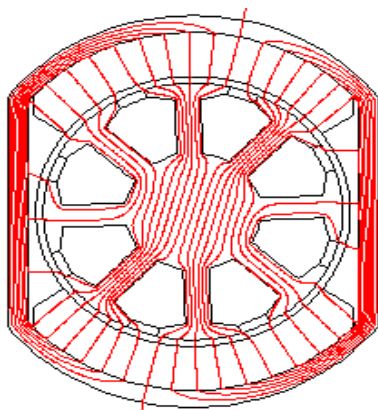
Fuente <http://www.indielec.es/mas1.gif>

Gráfico 7. Motor de jaula de ardilla  
(Densidad de flujo)



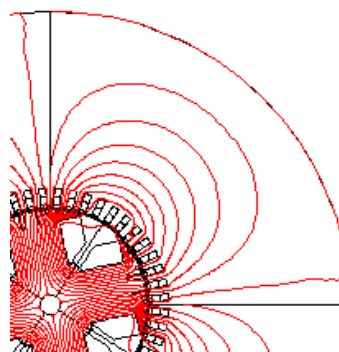
Fuente <http://www.indielec.es/ms1.gif>

Gráfico 8. Motor de corriente continua



Fuente: <http://www.indielec.es/mcc1.gif>

Gráfico 9. Generador sincrónico  
(líneas de flujo)

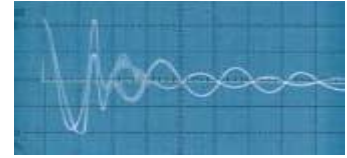


Fuente <http://www.indielec.es/mcc2.gif>



## **5. FALLAS COMUNES EN LOS MOTORES DE INDUCCION EN SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

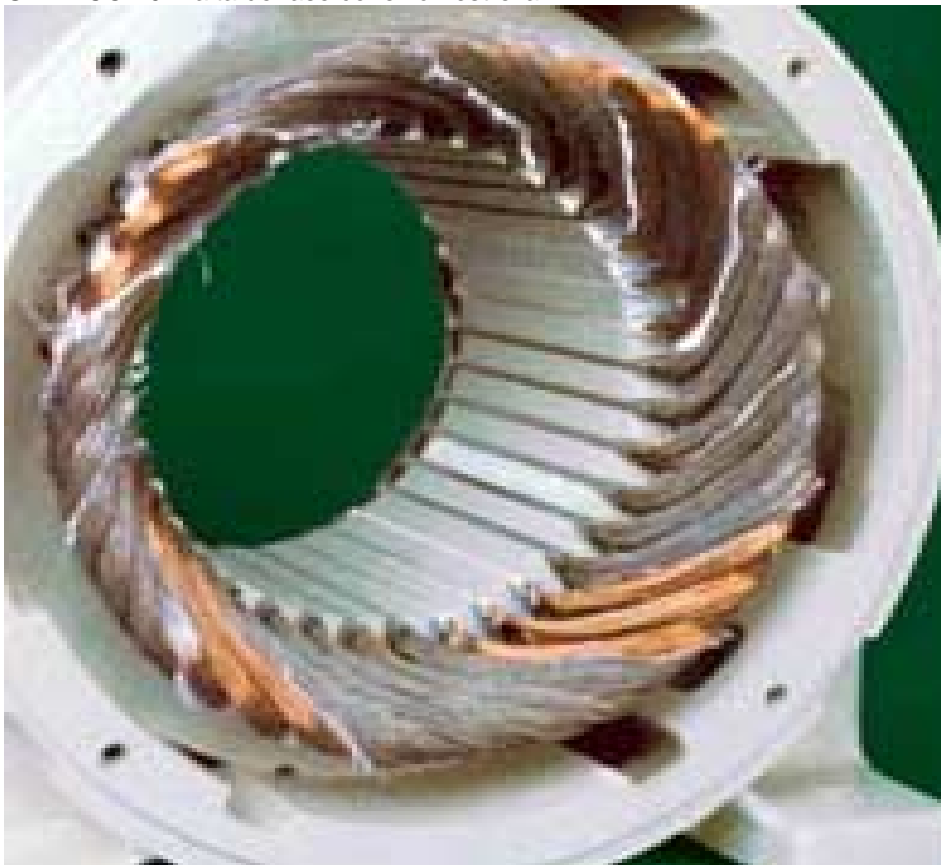
En este capítulo se presenta una ayuda didáctica para las personas que no están familiarizadas con este tipo de fallas en las máquinas eléctricas, lo cual les permitirá identificar las deficiencias típicas que se presentan en los motores trifásicos. Todo con el propósito de poder establecer la causa por la cual se averió el motor eléctrico. A continuación se realiza una descripción mínima del por qué ocurre cada una de tales fallas y se visualiza cuáles son las más comunes.



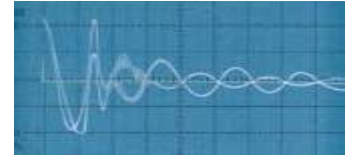
### 5.1 FALTA DE FASE CONEXION ESTRELLA

Esta falla ocurre cuando el motor no cuenta con una buena protección. Normalmente la fase que se abre no tiene circulación de corriente, por lo tanto la bobina no se quema. Las fases que quedan conectadas tratan de suministrar la corriente necesaria para mantener el motor en marcha, hasta llegar a quemarse las bobinas por una demanda grande de corriente. Por tal razón podemos identificar cuál fue la causa que averió el motor y el tipo de conexión.

GRÁFICO 10. Falta de fase conexión estrella



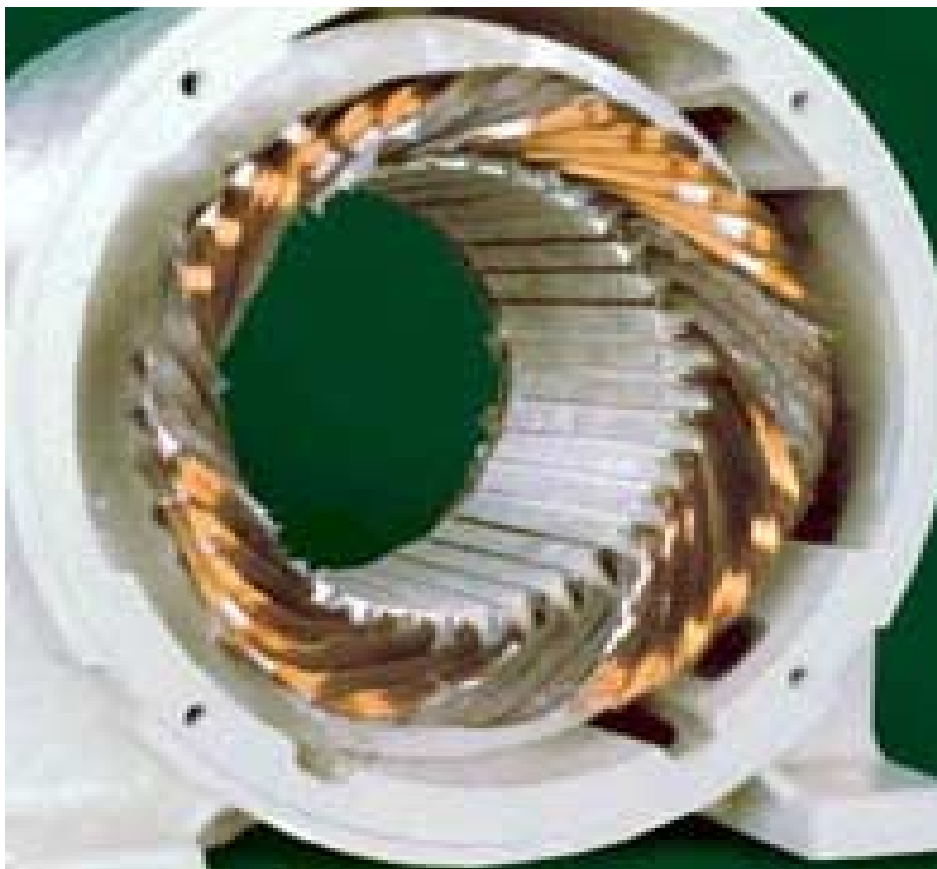
Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



## 5.2 FALTA DE FASE CONEXION TRIANGULO

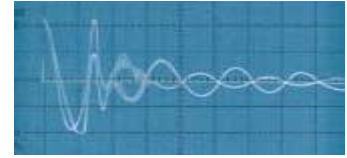
Esta falla ocurre de forma similar a la 5.1. pero en este caso se queman menos bobinas indicándonos el tipo de conexión y la causa de la avería.

Gráfico 11. Falta de fase conexión triángulo



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>





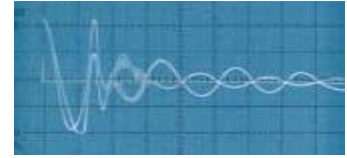
### 5.3 CORTOCIRCUITO ENTRE FASES

Normalmente la causa del corto entre fases obedece a fallas en el aislamiento y en ocasiones por una mala selección de éste en el momento de la reparación, o simplemente al deterioro por cuerpos extraños o agentes corrosivos que dañan los aislamientos.

Gráfico 12. Cortocircuito entre fases



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



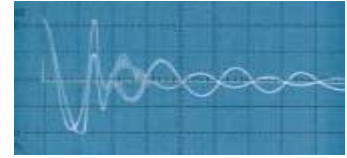
#### 5.4 CORTOCIRCUITO ENTRE ESPIRAS

El corto entre espiras ocurre, inicialmente, por fallas en el momento de la reconstrucción de las bobinas del motor, donde no se apilan correctamente las bobinas. También puede ser causado por cuerpos extraños o agentes corrosivos que ingresan dentro del motor y causan este tipo de avería en las espiras de una bobina.

Gráfico 13. Cortocircuito entre espiras



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



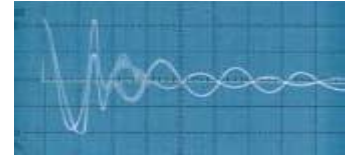
## 5.5 CORTO EN UNA ESPIRA

El corto en una espira se genera, normalmente, cuando por alguna circunstancia el bobinador deteriora el esmalte dieléctrico del alambre o por cuerpos extraños o agentes corrosivos que deterioran el dieléctrico, causando calentamiento y el daño de las demás espiras, hasta que la bobina se abre y queda el motor fuera de servicio.

Gráfico 14. Corto en una espira



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



### 5.6 DEVANADO ATERRIZADO AL FINAL DE LA RANURA

Las causas que generan este tipo de falla son diversas y pueden obedecer a una mala reparación de la máquina o deficiente ubicación del aislamiento en las ranuras o cuerpos extraños dentro del motor, razón por la cual se deteriora el aislamiento hasta que se une el núcleo y la bobina, generando la falla. Los puntos calientes que se generan por deterioro del núcleo, pueden ser un factor considerable que cause esta falla.

Gráfico 15. Devanado aterrizado al final de la ranura



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



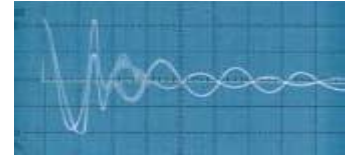
### 5.7 DEVANADO ATERRIZADO DENTRO DE LA RANURA

Este tipo de falla tiene las mismas características al ya explicado en el punto 5.6. a diferencia de que se presenta dentro de la ranura.

Gráfico 16. Devanado aterrizado dentro de la ranura



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



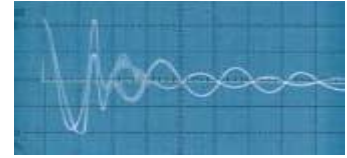
### 5.8 CORTO CIRCUITO EN LAS CONEXIONES INTERNAS

Esta falla es muy común en los motores eléctricos y ocurre en ocasiones por vibraciones o deterioro de los amarres en las coronas o por agentes externos que debilitan los citados amarres.

Gráfico 17. Corto circuito en las conexiones internas



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



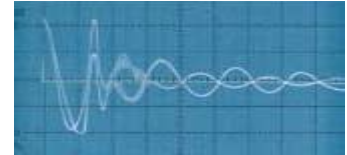
### 5.9 FALLA POR DESBALANCE DE VOLTAJE

El desbalance de voltaje se presenta cuando tenemos una mala regulación de potencia dentro de la compañía o problemas de la empresa que suministra la energía y se hace evidente cuando no se cuenta con buena protección del motor. Esta falla se identifica porque no todas las bobinas se queman de igual forma.

Gráfico 18. Falla por desbalance de voltaje



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



### 5.10 FALLA POR SOBRECARGA

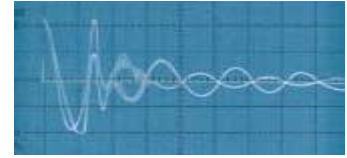
Las fallas por sobrecarga se presentan por mala regulación de los sistemas de potencia y falla de la protección, que no responden a la sobrecarga. Por tales razones el devanado queda totalmente quemado.

Gráfica 19. Falla por sobrecarga



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>





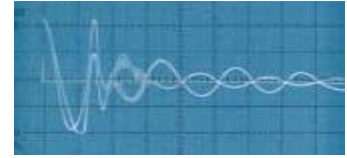
### 5.11 MOTOR QUEMADO POR ROTOR BLOQUEADO

Este tipo de falla sucede por causas externas al motor eléctrico. Estos problemas son de tipo mecánico y se presentan en un proceso industrial al cual se le está aplicando el troqué que es generado por nuestro motor eléctrico. Este tipo de falla es similar al anterior.

Gráfica 20. Motor quemado por rotor bloqueado



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



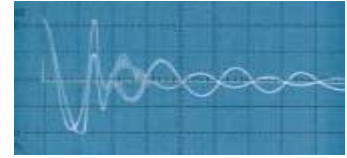
### 5.12 MOTOR QUEMADO POR PICO DE TENSION

Los problemas de pico de tensión se presentan en los motores eléctricos a los cuales, continuamente, se les está dando marcha y parada, acumulando corrientes que provocan picos y estos a su vez generación de calor en las bobinas, razón por la cual se deteriora el barniz y los aislamientos de éstas, hasta quemarse.

Gráfico 21. Motor quemado por pico de tensión



Fuente <http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



## 6. REGISTROS DE DATOS DEL MOTOR DE INDUCCION EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Es de vital importancia realizar una buena toma de datos, pues ello lleva al éxito en la reparación de todo motor eléctrico. De esto depende, también, las pruebas que se realizarán al motor y en especial la prueba toroidal. De otro punto de vista, si deseamos cambiar algún parámetro de diseño, sería evidente una mala reparación de la máquina.

Por ello el software soft-máquinas cuenta con una forma de pantalla en el menú-datos, donde se debe registrar la información necesaria del motor eléctrico de inducción y que es conocida por las personas que los reparan.

Gráfico 22. Registro de datos del motor

TOMA DE DATOS			
CODIGO_CONTE:	1	NIT_CODA:	10
Empresa:	FPRO REFUESTOS FLORES CIA LTDA		
Contacto:	ADOLFO LEON	HERNANDEZ L	
Dirección:	CR 10 BIS 52-122	E-mail:	ADOHER2000@YAHOO.COM
Teléfono:	57 2	E601901	Fax: 665460
Ciudad:	CALI	VALLE DEL CAUCA	COLOMBIA
CODIGO_INTER:	1	CODIGO_ELEME:	3
MOTOR:	MOTOR SINCRONO 2A		
TIPO_REPAR:	1	REPARACION:	
ANHO_REPAR:	1	MAQUINA:	SIEMENS
ANHO_SERIE:	7045	FRAME:	TT
TIPO:	K		
NORMA:	2	ANO FABRICACION:	1990
HP:	0.12	kw:	0.09
FASES:	1	No CRTOS:	1
CONEXION:	2	POTENCIA:	0
VOLTAGE:	110		
CORRIENTE:	1	FRECUENCIA:	60
DENSIDAD DE CORRIENTE:	1		
RPM:	1800	Empresa fabricadora:	cora, concan T
DTRO_INTER:	10.5	DTRO_INTER:	6.6
LONG_AHAL:	2.6	YUGO:	0.5
FL_PANUPA:	1.2	FL_PANUPA:	0.6
FL_CIENTE:	0.4	SUCTOS DE VENTILACION:	0
FL_RINDAS:	2.4	FL_POLOS:	4
SENAS_POLO:	4	TPO_DVND:	1
Agregar Consultar Modificar Eliminar Limpiar Salir F2 - Ayuda Cortes			

Fuente Software soft-maquinas menú datos



## **7. RECOMENDACIONES PARA LA REPARACION DE MOTORES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

En la reparación de todo artefacto mecánico existen diversas pruebas que permiten establecer las posibles fallas, y consecuentemente emitir un diagnóstico acertado, que conduzca a una buena reparación y lógico buen rendimiento de la máquina. A continuación mencionaremos las pruebas que se realizan en la gran mayoría de talleres especializados para la reconstrucción de motores eléctricos.



## 7.1 INSPECCION FISICA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

En la inspección física se determinan el estado de los rodamientos, de los escudos y la ubicación del núcleo. Esta prueba la debe realizar personal calificado y esencialmente con buenos conocimientos en mecánica.

Gráfica 23. Verificación de medidas del Eje



Gráfica 24. Verificación de las medidas del soporte de rodamientos



Fuente <http://www.grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

Gráfica 25. Inspección de Inducido



Gráfica 26. Inspección del estator



Fuente <http://www.grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

<http://www.langeelectric.com>



## 7.2 CENTRICIDAD EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

En la prueba de centricidad se verifica la simetría del rotor y el estator, en procura de tener un entre hierro homogéneo. Esta prueba debe estar a cargo de ingenieros mecánicos con instrumentos de alta precisión. De dicha prueba depende el rendimiento de nuestra máquina y el éxito de la reparación.

Gráfico 27. Balanceo del rotor



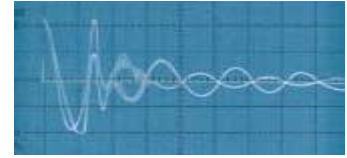
Fuente <http://www.grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

Gráfico 28. Balanceo Dinámico Computarizado



Fuente <http://www.electrin.com/espanol/servicios.html>

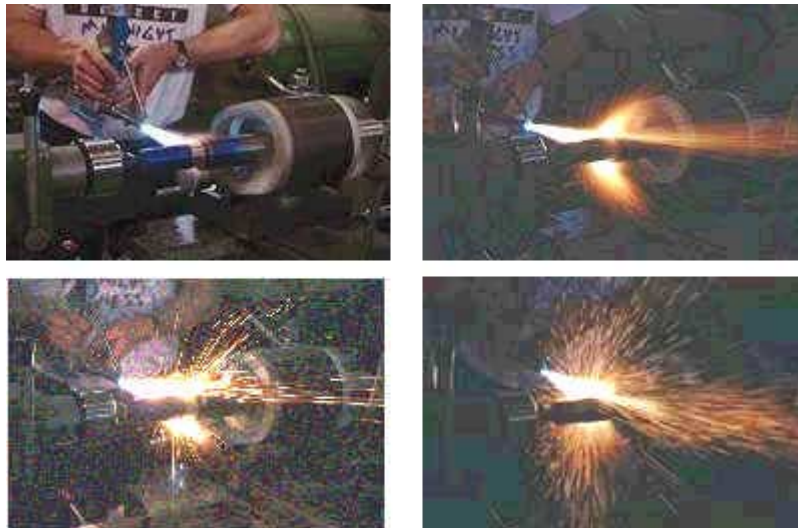




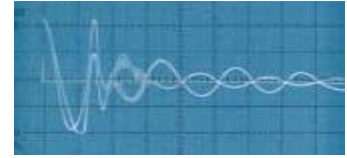
### 7.3 METALIZACION DEL EJE DEL INDUCIDO

La metalización del eje del inducido es necesaria por el deterioro que generan los cojinetes o rodamientos sobre el eje. Este tipo de reparación es de mucha importancia, ya que el eje puede perder sus propiedades metálicas y al aplicarse soldaduras, con una temperatura no adecuada, el eje puede perder su simetría dentro del estator, afectando el entre hierro de la máquina.

Gráfica 29. Metalización del eje del inducido



Fuente Foto tomada en el Laboratorio Tecno-Eléctrico - Cali



## 7.4 RECTIFICACION DEL EJE

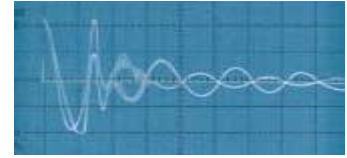
Al término de una buena metalización del eje del inducido, éste se debe someter a una rectificación en un torno. Luego se podrán alojar los nuevos rodamientos.

Gráfico 30. Rectificación del eje



Fuente Foto tomada en Laboratorio Tecno-Eléctrico - Cali





### 7.5 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

La prueba de resistencia de aislamiento se debe realizar, normalmente, en programas de mantenimiento preventivo y después de rebobinado el motor. Se deben realizar bajo normas técnicas establecidas por el fabricante del motor o del aislamiento en busca de fallas de aterrizamiento, humedad y deterioro del aislamiento. En el paquete soft-máquinas se ilustra, en el módulo de “pruebas”, cómo se puede verificar la resistencia del aislamiento, usando un instrumento de marca **BAKER**. En la ayuda visual se observa la curva característica que determina el estado del aislamiento.

Gráfico 31. Resistencia de aislamiento en Software Soft-Maquinas



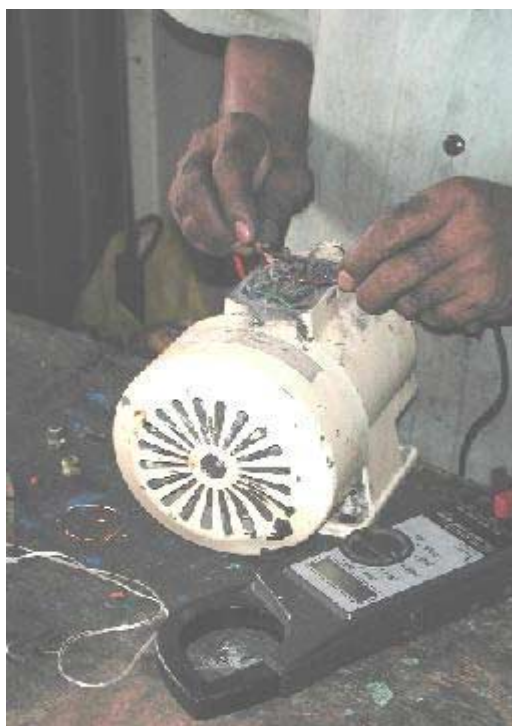
Fuente Foto tomada en el Laboratorio Tecno-Eléctrico - Cali



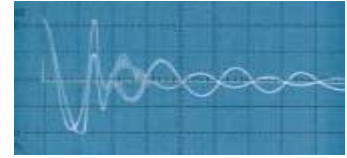
### 7.6 CONTINUIDAD EN LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

La continuidad de los devanados se emplea en algunos talleres con el fin de verificar los grupos de conexiones o establecer factible falla en las bobinas. Este tipo de prueba se realiza en los talleres grandes, empleando un instrumento de marca **BAKER** y como alternativa, si se tienen escasos recursos técnicos, un multímetro.

Gráfico 32. Continuidad en los devanados



Fuente Foto tomada en el Taller Eléctro-Asociados - Cali



### 7.7 CORTO ENTRE ESPIRAS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

El corto entre espiras se presenta normalmente por malas conexiones, por puntos calientes en el núcleo del motor o por cuerpos extraños dentro del motor. La única forma de hacer evidente esta falla es usando un instrumento de marca **BAKER**. En el caso de los motores trifásicos advertimos que las tres ondas aplicadas aparecen en la pantalla del **BAKER** desfasadas, ilustrando el tipo de falla, ya que no se puede verificar con una simple observación.

Gráfica 33. Corto entre espiras usando el BAKER



Fuente Foto tomada en el Laboratorio Tecno-Eléctrico - Cali



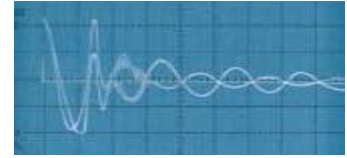
### 7.8 ESTADO DE LA JAULA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Para verificar el estado de la jaula se emplean diferentes métodos según el tamaño del rotor. Para nuestro caso enseñamos el más común en la gran mayoría de talleres que es el empleo de un gauler. El gauler consta de un núcleo con una bobina y un amperímetro. Si al momento de girar el rotor se presentan cambios bruscos de corriente, se puede establecer que una barra de la jaula está rota y por ello es preciso reparar la barra o cambiar el rotor.

Gráfica 34. Estado de la jaula



Fuente Foto tomada en el Taller Eléctrico Gaviria - Cali



### 7.9 POLARIDAD EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

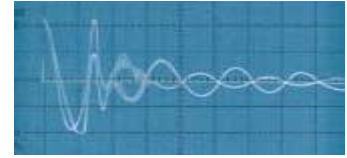
Esta prueba se realiza con el fin de establecer si el motor quedó bien bobinado. Los talleres, según sus condiciones técnicas, emplean diferentes métodos como una puntilla, un balín y en algunos casos una brújula. Este método es bueno, pero, en el caso del balín y la brújula, los motores son sometidos casi a su tensión nominal, causando calentamiento a las bobinas. El método de la puntilla emplea niveles de tensión muy bajos con respecto a su tensión nominal y es mejor que los otros dos ya citados, pues no eleva la temperatura en las bobinas del estator. En los talleres grandes se emplea un instrumento de marca **BAKER** para verificar el estado de las bobinas. El realizar esta prueba, usando este instrumento, no causa deterioro en las bobinas. En algunos casos el instrumento permite imprimir un reporte del diagnóstico para certificar una falla o una buena reparación.

Gráfica 35. Prueba de polaridad usando una puntilla



Fuente Foto tomada en el Laboratorio Tecno-Eléctrico - Cali





Gráfica 36. Prueba de polaridad usando un balón



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales

Gráfica 37. Prueba de polaridad usando una brújula



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales



### 7.10 MEDICION DEL INDICE DE POLARIZACION EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

La prueba de polarización se efectúa con el propósito de hallar humedad en los devanados o contaminación de sustancias. Esta prueba se debe realizar bajo normas técnicas y con personal de amplia experiencia. La Medición del índice de polarización se realiza usando un Megger

Gráfica 38. Megger automático de 5 KV

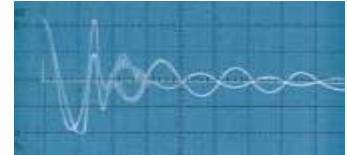


Fuente <http://www.iconosrl.com.ar/ensayos1.htm>

Gráfica 39. Prueba de polarización empleando Megger.



Fuente <http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>



## 7.11 ALTO VOLTAJE EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Las pruebas de alto voltaje se deben realizar en procura de establecer el estado de los aislamiento y para medir las corrientes de fuga. Esta prueba se realiza bajo normas técnicas y teniendo mucho cuidado de no deteriorar el aislamiento.

Gráfico 40. Prueba de alto voltaje



Gráfica 41. Motor en prueba de alto voltaje

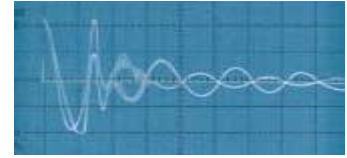


Gráfica 42. Curva de la prueba de alto voltaje



Fuente Foto tomada en IME - Cali

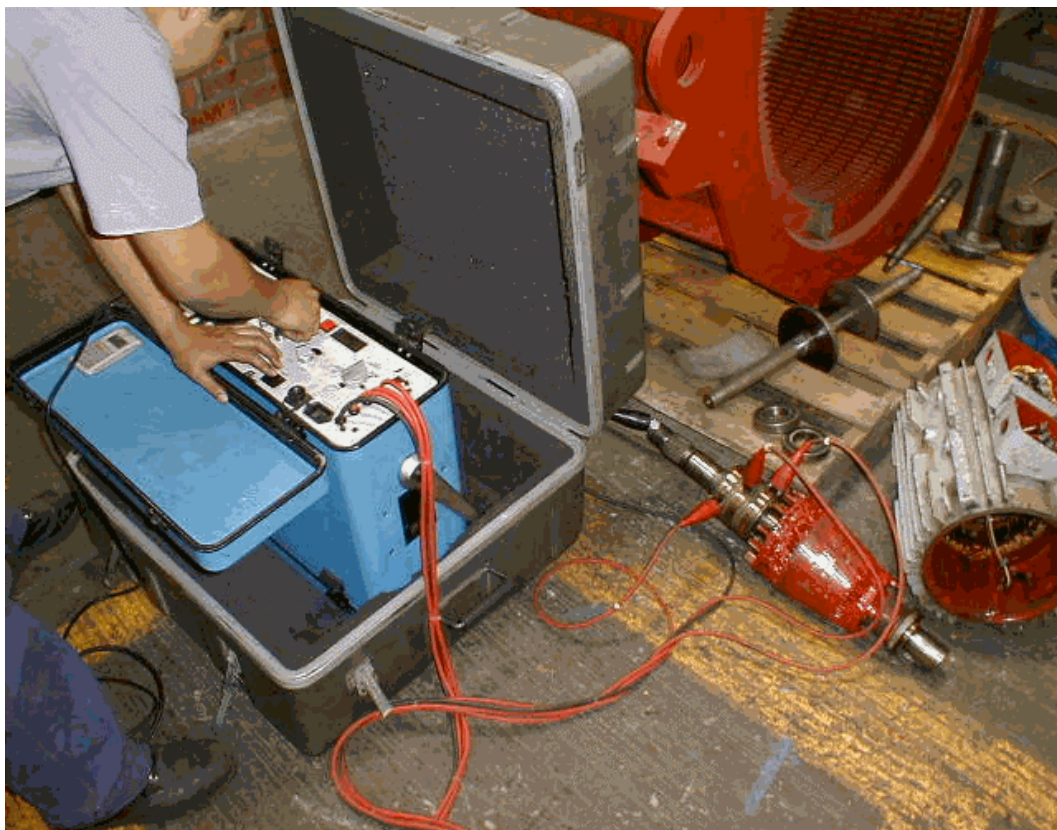




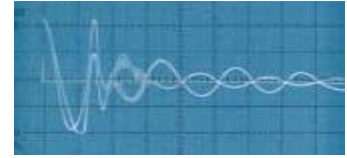
### 7.12 PRUEBA DE IMPULSO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Con el probador de impulso se pueden diagnosticar todos los sistemas de aislamiento de un devanado: aislamiento a tierra, entre vueltas y de fase a fase, corto circuitos entre bobinas, circuitos abiertos, tierra, conexiones erróneas y número incorrecto de vueltas.

Gráfico 43. Prueba de impulso



Fuente Foto tomada en IME - Cali



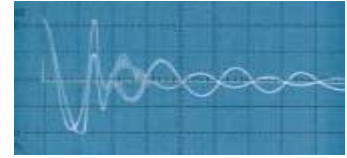
### 7.13 PRUEBA VACIO DE LA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

La prueba de vacío se realiza con el firme propósito de verificar el estado mecánico, las pérdidas en el cobre y saturación del circuito magnético. Igualmente para establecer la corriente de vacío o de excitación y corriente en el rotor ( para motores de rotor devanado), el deslizamiento y el factor de potencia de vacío. Si al efectuar esta prueba observamos que los datos y comportamientos del motor están en un rango estándar, podemos garantizar el estado de la máquina.

Gráfica 44. Prueba de vacío



Fuente <http://www.bbelectrical.com/>



### 7.14 VIBRACION DE LA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Las pruebas de vibración buscan, esencialmente solo, verificar el estado de los rodamientos, la buena ubicación de los escudos o tapas laterales, así como problemas de desbalance en el rotor con el fin de prever fallas en el buen funcionamiento del motor.

Gráfica 45. Vibración de la maquina

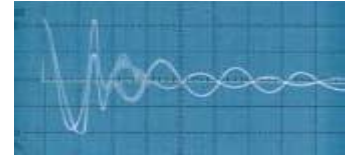


Gráfica 46. Vibración de la maquina



Fuente <http://www.renown-electric.com/predictive.php3>

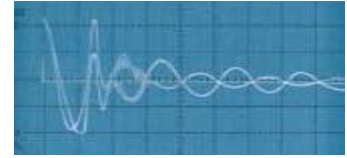
<http://www.renown-electric.com/vibration.php3>



### 7.15 PRUEBA TOROIDAL (PERDIDAS WATIOS VS. PESO) EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

La prueba toroidal, que tiene diversos métodos, se realiza para evaluar las pérdidas wátios Vs. peso en los núcleos de los motores eléctricos, pero también con el objetivo de establecer puntos calientes, evaluar si las pérdidas son considerables, según la norma que indica que se puede reparar el núcleo o desecharlo. Para efectuar la prueba toroidal se debe realizar una buena toma de datos del núcleo y así efectuar el cálculo correcto de la bobina toroidal. Se deben emplear voltajes menores a 10 voltios con el fin de utilizar un menor número de espiras en el toroide, pero esto implica que se deben ejercer un buen control sobre las personas que realizan la prueba, ya que las corrientes de la prueba son altas y así poder evitar accidentes.

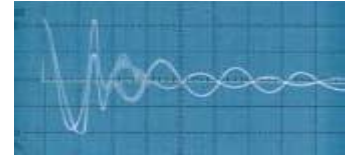
En el software soft-máquinas la prueba toroidal se realizará siguiendo los mismos métodos técnicos pero asistidos por un PC. Haciendo uso del software seleccionamos un voltaje y éste a su vez nos reporta el calibre y número de espiras que lleva el toroide para ejecutar la prueba del núcleo. La ventaja que nos brinda este método, es evitar que la persona que realiza la prueba, tenga un contacto con la tensión y una elevada corriente. Este software controla el tiempo que debe durar la prueba toroidal, registra en el tiempo el comportamiento de la temperatura, la potencia, tensión y corriente aplicada al torroide, así como la fem. inducida. Estos datos son leídos por el puerto paralelo del PC y almacenados en una base de datos, para luego establecer un diagnóstico sobre el núcleo.



El solo hecho de mencionar que la prueba toroidal se efectúa asistida por un PC, implica que se debe desarrollar un recurso que permita tener una interface entre el experimento y el PC. Para realizar la lectura de variables análogas es necesaria la electrónica digital, electrónica de potencia, como también el empleo de amplificadores operacionales para censar voltajes muy bajos y tener un conocimiento técnico del puerto paralelo del PC.

Hoy en día el procesamiento en un computador digital de información sobre fenómenos físicos como: temperatura, humedad, velocidad, posición, voltajes, corrientes, frecuencias, factor de potencia y otros, es el campo donde más resultados asombrosos y revolucionarios se han obtenido. Cualquier variable física se puede llevar y procesar al interior del computador con la misma facilidad y eficiencia con la cual se computa una nómina o un flujo de caja. En la industria, la conquista de la antigua instrumentación análoga por parte del computador, es prácticamente total. Pensemos, por ejemplo, en la temperatura: casi el noventa por ciento de procesos industriales tiene qué ver con la medición y control de esta variable. Antiguamente, cada punto de medición exigía un circuito independiente. Hoy, se puede utilizar un computador para medir y controlar simultáneamente centenares de sensores de este tipo. Además, una vez se tenga el valor de las medidas registradas en el computador, se pueden realizar toda clase de cálculos para implementar control, estadística, graficación y diagnósticos.

Gracias a este buen recurso fue posible realizar la prueba toroidal asistida por un PC, ya que dicha prueba cuenta con muchas variables a controlar como lo son la temperatura, manejo de potencia, corrientes y la variable tiempo. Con



este tipo de esquema para realizar la prueba toroidal puede brindar un nivel de seguridad a las personas que realizan dicha prueba.

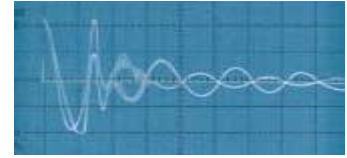
**7.15.1 Prueba toroidal asistida por un microcomputador en el software soft- maquinas** El circuito que realiza la prueba toroidal asistida por el PC está conformado por varias etapas que permiten el desarrollo de esta prueba. A continuación se realizará una breve descripción de cada componente del instrumento.

Gráfica 47. Prueba toroidal asistida por un PC



Fuente software soft-maquinas





**7.15.1.1 Sensor de línea** Es el responsable de establecer qué nivel de voltaje hay en el tomacorriente y se encarga de acoplar el devanado primario de los transformadores a (115 o 220 Voltios), este instrumento no engrillara el circuito si los niveles de voltaje del tomacorriente están por fuera de los siguientes rangos: (109-127) y (209-228), esto con el propósito de proteger el circuito como tal y garantizar que los niveles de voltaje predeterminados se aplicarán al toroide.

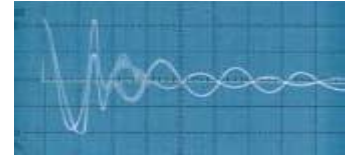
**7.15.1.2 Fuentes de voltaje** Los circuitos electrónicos están respaldados con fuentes reguladas de voltaje y sus elementos son: Rectificadores de onda completa, filtros y reguladores de voltaje según el nivel de voltaje requerido para cada circuito (5 o 12 Voltios DC).

Las fuentes empleadas en este instrumento son de tres tipos:

**7.15.1.2.1 Fuente (12 y -12 Voltios):** Encargada, básicamente, de suministrar potencia a los amplificadores operacionales de los sensores de temperatura, voltaje y corriente.

**7.15.1.2.2 Fuente de 5 voltios:** Se encarga de suministrar la potencia a los circuitos integrados, como también para el acoplamiento de los triac que aplican el voltaje a las bobinas del toroide.

**7.15.1.2.3 Fuente de 12 voltios:** Esta fuente suministra potencia a los ventiladores del instrumento, encargados de disipar el calor generado por circuitos integrados y transformadores.

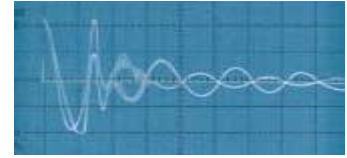


Este integrado es el encargado de convertir las señales análogas a un formato digital para ser leídas desde el puerto paralelo a la memoria del equipo y luego ser almacenadas en la base de datos. Muchos libros de electrónica digital y varios autores, tienen un desarrollo de estas tarjetas de adquisición de datos para ser empleadas en múltiples aplicaciones.

[illegible]

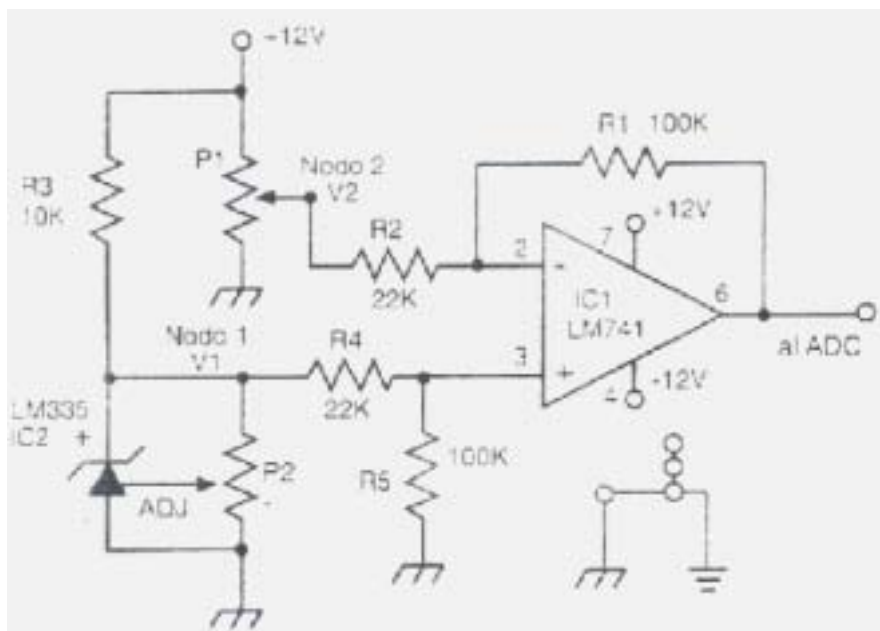
71



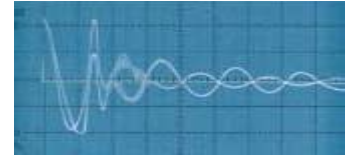


**7.15.1.4 Sensor de temperatura** El elemento empleado para sensar la temperatura en este instrumento es el integrado LM335. Este integrado, al experimentar a una temperatura mínima, disminuye su resistencia interna y se hace conductor, por tal motivo el circuito tiende a cero voltios, y cuando se le aplica una temperatura alta, su resistencia aumenta, variando los niveles de voltaje. El sensor se debe calibrar a 0° grados, logrando que la diferencia de potencial entre el nodo 1 y 2 se haga cero voltios y a medida que aumenta la temperatura éste comienza a variar su voltaje en milivoltios. Cada milivoltio equivale a un grado centígrado. Esta diferencia de potencial se lleva al amplificador operacional y después al integrado ADC 0808.

Gráfica 49. Sensor de temperatura

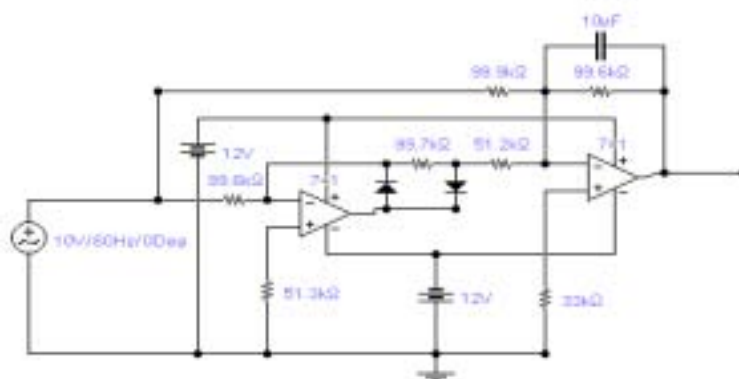


Fuente Revista Cedit No. 4 Año 1 pagina 48



**7.15.1.5 Sensor de voltaje y corriente** Para lograr que el PC pueda leer el voltaje y corriente aplicadas al toroide, se requiere un arreglo con amplificadores operacionales. Estos rectifican niveles de voltaje muy pequeños. El voltaje rectificado se entrega al ADC 0808.

Gráfica 50. Sensor de voltaje y corriente

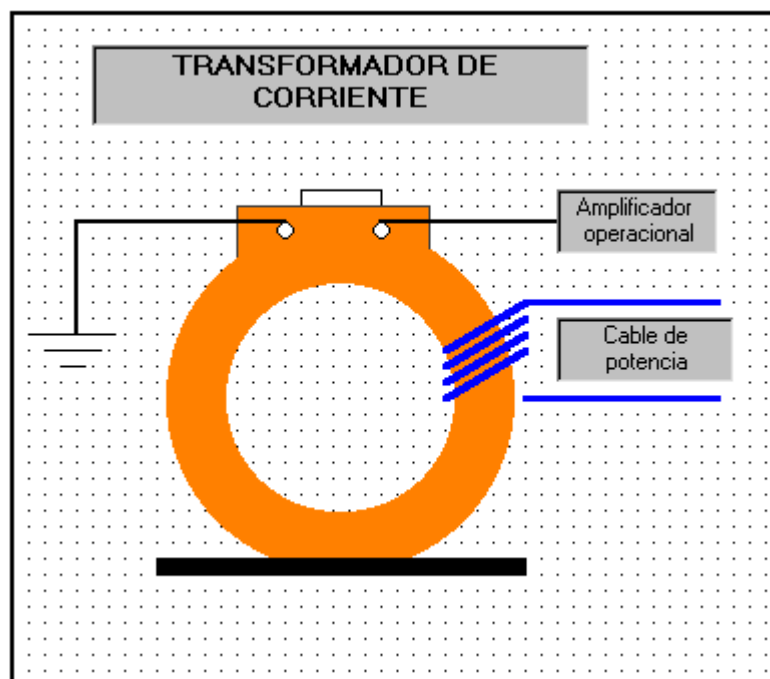


Fuente Cátedra de electrónica II - ingeniería eléctrica - Corporación Universitaria Autónoma de Occidente - Cali

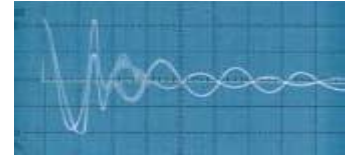


Nota: Para medir la corriente es necesario contar con un transformador de corriente con relación estándar.

Gráfica 51. Transformador de corriente

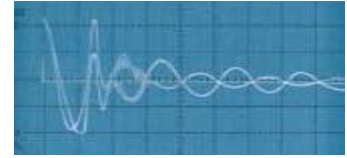


Fuente Diseño para la tesis



**7.15.1.6 Etapa de potencia** La etapa de potencia es muy importante en el instrumento que realiza prueba toroidal asistida por el PC, ya que ésta suministra el voltaje requerido a la bobina toroidal, sin tener que ser manipulado por la persona que realiza la prueba.

El voltaje seleccionado en el software soft-máquinas no se acopla a la bobina toroidal hasta tanto se ejecute la opción de inicio de la prueba. En el momento de ejecutar el inicio de la prueba, se habilita el puerto paralelo del PC y por medio de éste se envía un número hexadecimal al circuito integrado 74LS75. Este integrado lee el número hexadecimal y lo ubica a su salida. Este dato lo recibe el circuito integrado 4028BE, habilitando una de sus ocho salidas, según la que esté activa. Un optotriac da la señal de acople a un triac y éste suministra el voltaje requerido al toroide. Luego de este proceso el software soft-máquinas envía una señal al circuito integrado 74LS75, cambiando de estado alto a bajo los pines 4 y 13. Este cambio de estado se hace necesario para que el voltaje aplicado no cambie en el tiempo, cada vez que leemos el decodificador ADC0808 por el puerto paralelo. Cuando finaliza la prueba, el software desactiva el optotriac activo, quedando el barraje en cero voltios.

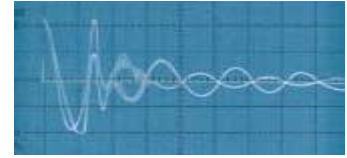


Gráfica 52. Equipo para la prueba de núcleo asistida por un PC

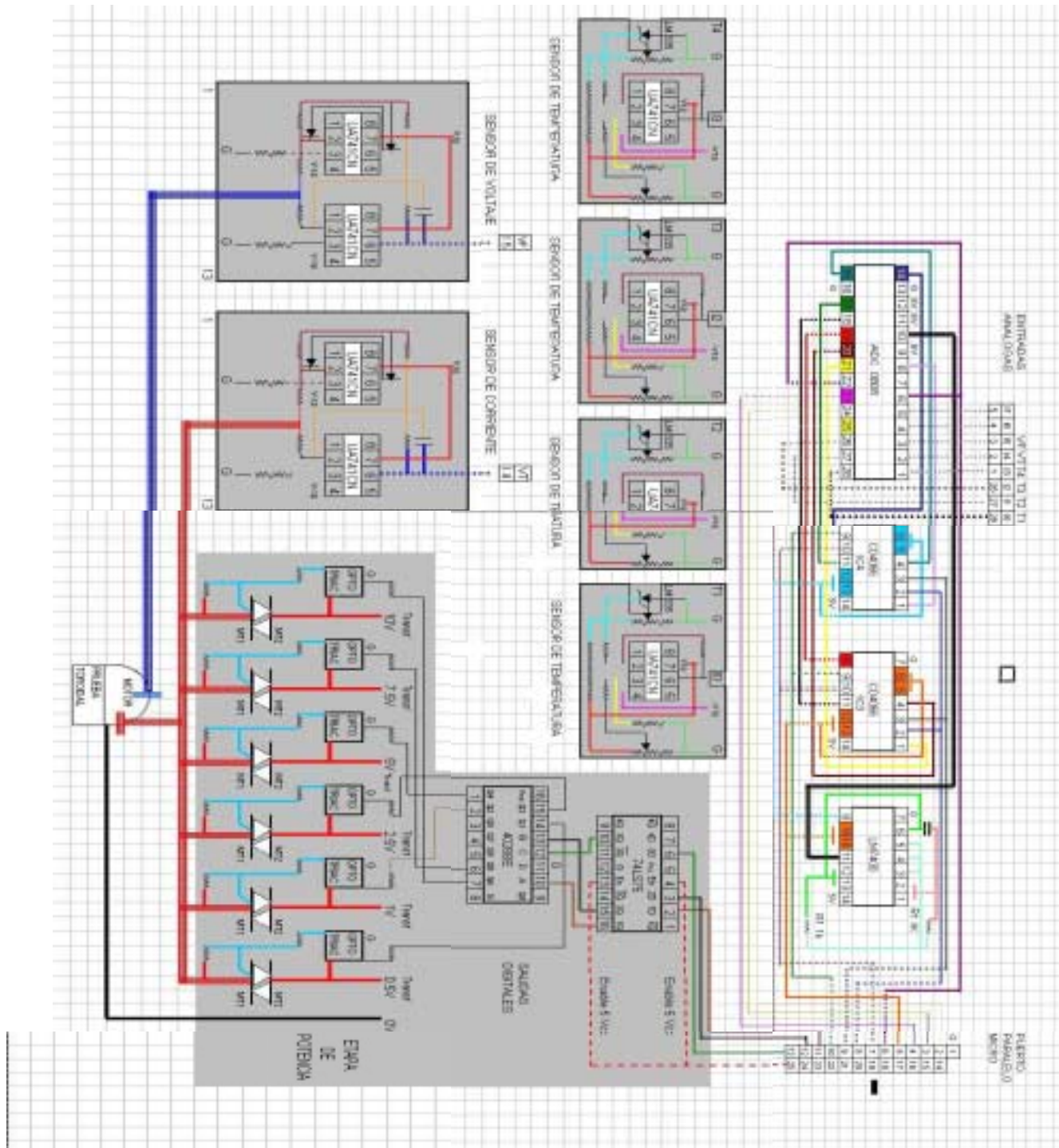


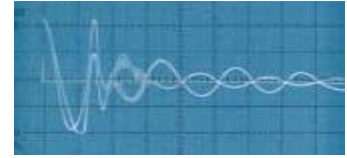
Fuente Diseño de la tesis





Gráfica 53. Circuito esquemático del equipo





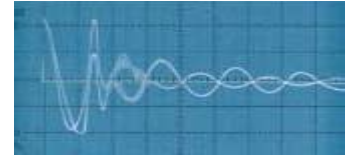
### 7.16 PRUEBAS EN PLANTA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Las pruebas que se realizan en la planta, usando un instrumento de marca **BAKER**, permiten obtener un diagnóstico puntual de un motor eléctrico. Con él podemos verificar el estado del aislamiento y de conexiones así como el de polarizaciones sin tener que suspender un proceso. También podemos pronosticar cuándo se debe realizar el mantenimiento del motor sin afectar un proceso industrial.

Gráfica 54 Prueba en planta de un motor eléctrico, usado un instrumento de marca **BAKER**



Fuente Baker Instrumen Company - usa



## **8. DESMANTELACION DE LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

Uno de los problemas que enfrentan todas las personas que reparan motores eléctricos, es buscar el mejor método para retirar los devanados. Del método empleado depende la vida útil del motor. En este trabajo se presentan los métodos no convencionales y los métodos industriales que protegen el estado del núcleo de la máquina.

### **8.1 BARNIZ**

El barniz se emplea para fijar las bobinas y evitar vibraciones en éstas, previniendo cortos entre espiras, bobinas y conexiones. Pero en el momento de rebobinar se convierte en lo más tedioso y para ello se emplean diferentes métodos, unos buenos y otros muy perjudiciales para el núcleo.

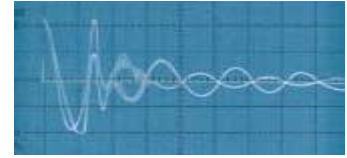
En el paquete soft-máquinas, ingresando por el módulo de desmantelación, encontraremos los métodos empleados.

### **8.2 APLICANDO CANDELA**

En los talleres medianos y pequeños emplean gas propano. En donde no controlan la temperatura aplicada al núcleo, en algunos casos usan madera para quemar el barniz. Estas prácticas deterioran el núcleo. Ver en el menú de desmantelación, opción candela.



## SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



Gráfica 55. Método usando gas propano - cancela



Fuente Foto tomada en el Taller Eléctro-Asociados - Cali

Gráfica 56. Método usando madera



Fuente Mantenimiento eléctrico industriales - Cali



### 8.3 DETERIORO DEL NUCLEO POR QUEMA NO CONTROLADA DEL BARNIZ

En esta fotografía podemos observar que las primeras chapas de núcleo están deterioradas por una aplicación no controlada de calor para fundir el barniz. También se puede presentar este deterioro por no emplear una técnica adecuada para retirar los devanados del estator.

Gráfica 57. Deterioro del núcleo del motor eléctrico



Fuente Foto tomada en el Taller Eléctro-Asociados - Cali



### 8.4 USANDO HORNO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Este método controla la temperatura que técnicamente se le debe aplicar al núcleo, sin perjudicar en ningún aspecto a éste. Contar con un buen horno, nos permite efectuar una buena reparación sin disminuir el rendimiento de la máquina. El uso del horno implica gastos por concepto de energía para el taller.

Gráfica 58. Horno de incinerado no contaminante

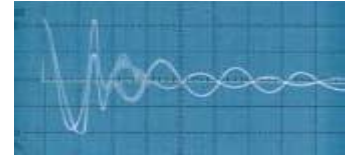


Fuente <http://grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

Gráfica 59. Motores en curado del barniz



Fuente Eléctro Técnicos - Cali



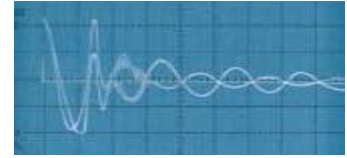
### 8.5 USANDO SOLVENTES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

El uso de solventes es empleado por algunos talleres, ya que éste no deteriora el núcleo y podemos obtener claramente el grupo de conexiones, como también extraer los devanados de una forma muy fácil y rápida. Este método es muy bueno, pero tiene características muy inflamables, por lo cual se hace riesgoso y debemos contar con una planta bajo normas de seguridad, lo cual demanda inversiones adicionales.

Gráfica 60. Solvente para retirar el barniz de los bobinados



Fuente: [http://www.joliet-equipment.com/electric\\_motor\\_repair.htm](http://www.joliet-equipment.com/electric_motor_repair.htm)



## 9. EXTRACCION DE LOS DEVANADOS EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Después de retirar el barniz nos encontramos en la etapa de retirar los devanados. En ocasiones los talleres no brindan importancia a este paso, creando un deterioro permanente al núcleo, lo cual genera puntos calientes y vibraciones en las chapas magnéticas. Ubicar los ejemplos ilustrados en paquete soft-máquinas en la opción “Desmantelación” “Devandos”.

### 9.1 MANUALMENTE EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Retirar los devanados manualmente ocasiona pérdidas de tiempo y, los más delicado, afecta las condiciones físicas del núcleo, además de dañar la primera chapa magnética del núcleo.

Gráfica 61 Corte de corona



Gráfica 62 Lado posterior del motor



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales - Cali



# SOFT-MAQUINAS - SOFTWARE PARA RECONSTRUCCION DE MOTORES DE INDUCCION



Gráfica 63. Retiro devanado con martillo y cincel

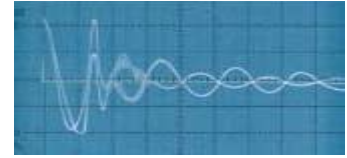


Gráfico 64. Devanado para retirar



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales - Cali

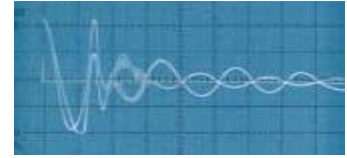
Gráfica 65. Retiro de devanados con alicate



Gráfica 66. Estator desmantelado



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales - Cali



## 9.2 USANDO MAQUINARIA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

El empleo de maquinaria adecuada agiliza la reparación del motor y garantiza que el núcleo no presente daños considerables en sus primeras chapas magnéticas.

Gráfica 67. Martillo neumático

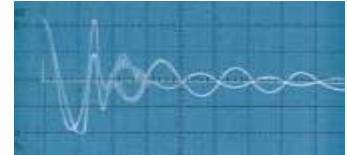


Fuente <http://www.eis-inc.com/holden>

Gráfica 68. Maquina con disco de corte coronas del devanado



Fuente Foto tomada en Confecciones eléctricas - Cali



Gráfica 69. Maquinas para corte de corona en los motores eléctricos



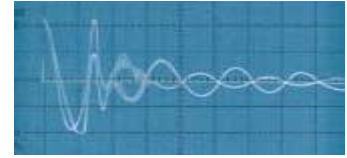
Fuente <http://www.eis-inc.com/holden>

Gráfica 70. Maquinaria para extraer los devanados



Fuente Foto tomada en Confecciones eléctricas - Cali





## 10. FORMULAS PARA ESTIMAR LOS DEVANADOS DE UNA MAQUINA EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

En este trabajo se emplean fórmulas planteadas en algunos libros por notables autores, que nos permiten redefinir las condiciones iniciales de diseño del motor. Es complejo encontrar un procedimiento general que conlleve a recalcular un motor eléctrico, por la gran diversidad de diseños y aplicaciones que éste tiene. Por tanto las fórmulas planteadas están sujetas a las características propias de cada máquina y a la habilidad de la persona que repara o redefine las condiciones del motor.

### 10.1 FORMULAS TIPICAS PARA UN MOTOR MONOFASICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

$$\text{r.p.m.} = F * E / \text{POLOS}$$

$$\text{Grados por ranura } D = \text{polos} * 180 / \text{ranuras}$$

$$R = \text{número de bobinas por polo}$$

$$\text{Factor de paso } K1 = \frac{\text{Sen}(R * D / 2)}{R \text{ Sen}(D/2)}$$

$$\text{Seno de distribución } K2 = \frac{\text{Sen}(R * 2 * D)}{2}$$

$$\text{Número de espiras } N = \frac{E * 10^8}{4.44 * f * 10000 * S * K1 * K2}$$

$$\text{Espiras por polo} = N / \text{polos}$$

$$\text{Ranuras por polo} = \text{ranuras} / \text{polos}$$

$$\text{Constantes de paso}$$

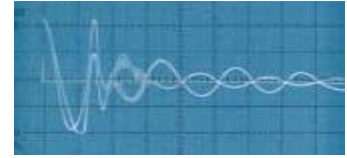
$$k \text{ paso } 1-n = \frac{\text{Sen}(n-1 * D)}{2}$$

$$\text{Sumatoria paso} = \frac{\text{Sen}(n-1 * D)}{2}$$

$$\text{Número de espiras para cada paso}$$

$$\text{Espiras para cada paso régimen} =$$

$$(\text{número espiras por polo} * k \text{ paso } 1-n) \text{ sumatoria paso}$$



Bobinas régimen =  $N * 2 / 3$

Número de espiras paso arranque =

( número espiras por polo \* k paso 1-n) sumatoria paso

CORRIENTE =  $HP * 746 / E * n * \cos \phi$

As = CORRIENTE (amp) / DENSIDAD DE CORRIENTE amp/mm<sup>2</sup>

El conductor adecuado se localiza en las tablas que suministran los fabricantes de alambre esmaltado, con el solo valor en milímetros cuadrados según la fórmula anterior.

CONDENZADOR =  $HP * 4.26 * 10^6 / E^2 * \cos \phi$

## 10.2 FORMULAS TIPICAS PARA UN MOTOR TRIFASICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

r.p.m. =  $F * E / POLOS$

Paso de bobinas = ranuras / polos

Número de bobinas por fase = ranuras / fases

Número de bobinas = ranuras

Número de grupos = ranuras / fases

Número de bobinas por grupo = Número de bobinas / Número de grupos

Grados por ranura  $D = polos * 180 / ranuras$

R = Número de bobinas por grupo

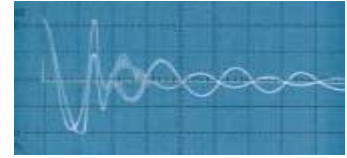
Factor de distribución  $K1 = \frac{\text{Sen}(R * D / 2)}{R \text{ Sen}(D/2)}$

Factor de paso  $K2 = \frac{\text{Sen}(R * 2 * D)}{2}$

Sección en cm<sup>2</sup>  $S = A * L * 2$

Número de espiras  $N = \frac{E * 10^8}{4.44 * f * 10000 * S * K1 * K2}$

Espiras por polo =  $N / \text{Número por grupo}$



Espiras por bobina = Número grupo / grupos de bobinas

paso 1-  $n = \text{Sen } (n-1 * D) / 2$

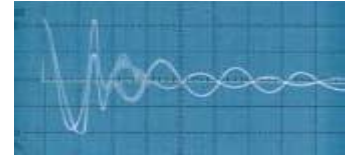
Sumatoria paso =  $\text{Sen } (n-1 * D) / 2$

CORRIENTE =  $\text{HP} * 746 / (3^{1/2} * E * n * \text{Cos } \phi)$

Para hallar el conductor  $A_s = \text{CORRIENTE} / \text{DENSIDAD DE CORRIENTE}$   
amp/mm<sup>2</sup>

El conductor que debemos emplear en las bobinas se localiza de forma similar como en los motores monofásicos.

**NOTA:** Para calcular el peso de cada una de las bobinas se debe linealizar el núcleo, con la ayuda de los datos del ancho de la ranura y diente. Para ello se aplica la técnica que se usa para el rebobinado de transformadores en cuanto a su espesor y número de espiras por cada bobina, según el paso. Al conocer la longitud de una espira y su espesor se obtiene la longitud total de la bobina. La longitud encontrada se debe convertir a kilómetros y luego la multiplicamos por el factor que ubicamos en las tablas de cada uno de los fabricantes de alambre esmaltado (Kg./Km.). Con este método podemos calcular un valor aproximado del cobre en kilogramos y luego multiplicar por el valor por kilo, según el alambre esmaltado seleccionado.



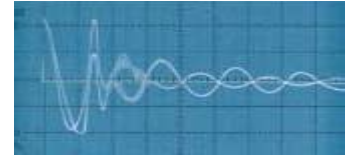
## **11. BOBINADO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

Después de la toma de datos o cálculo de los devanados y de obtener el calibre adecuado del alambre, así como el tipo de aislante a emplear en la reparación del motor eléctrico, se debe contar con un buen recurso de maquinaria, que permita generar de forma rápida las bobinas y apilamiento de las mismas.

### **11.1 FIBRA O DIELECTRICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS**

En este trabajo se muestran los pasos que se deben seguir en el momento de la reconstrucción de los aislamientos del estator de un motor eléctrico. Los aspectos teóricos, con mayor fundamentación, se encontrarán en textos especializados de diseño y reparación. Pero es importante conocer un poco de los materiales aislantes que se deben emplear en las máquinas y es así como encontramos una gran diversidad en orígenes y propiedades. Muchos son de origen natural, como por ejemplo papel, algodón, parafinas, etc., otros naturales pero de origen inorgánico, como por ejemplo el vidrio, la porcelana y las cerámicas. Existen también materiales sintéticos como el silicón o compuestos a base de silicones.

El aislamiento es fundamental en la vida útil de la máquina eléctrica, pues de él depende el buen funcionamiento de la máquina y se deben considerar varios aspectos técnicos del aislante, tales como: la resistencia específica, la tensión disruptiva, la permitividad, la histerisis dieléctrica y la resistencia mecánica. Igualmente la capacidad para soportar la acción de agentes químicos, el calor y otros elementos presentes durante la operación de la máquina eléctrica.



## 11.1.1 Corte de la fibra que aísla las bobinas y el núcleo

Gráfica 71. Fibra - dieléctrico



Gráfica 72. Trazado de la fibra



Gráfica 73. Corte de la fibra

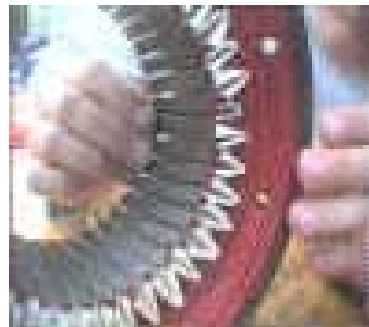


Fuente <http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Gráfica 74. Pliegue de la fibra

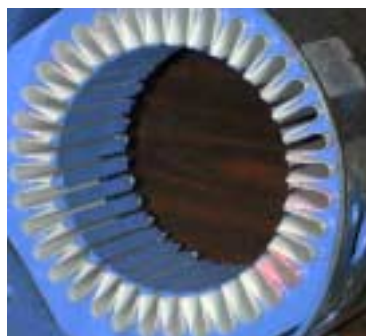


Gráfica 75. Insertado de la fibra

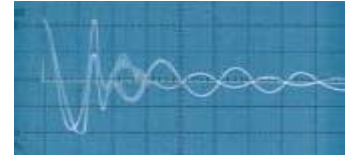


Fuente <http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Gráfica 76. Estator enfibrado



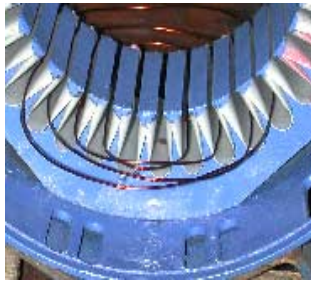
Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales - Cali



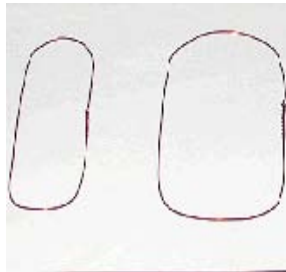
## 11.2 BOBINADO MANUAL EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

El bobinado manual representa ventajas en motores pequeños y desventajas en motores grandes y sobre todo cuando debemos realiza una reparación en el menor tiempo posible.

Gráfica 77. Molde bobina



Gráfica 78. Paso bobina



Fuente Foto tomada en Mantenimientos Eléctricos Industriales - Cali

Gráfico 79 Marcado del paso en estator



Gráfica 80. Cuñas para inicio bobinas



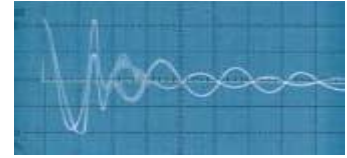
Gráfica 81. Ajuste cuñas



Grafica 82. Caña en la ranua



Fuente [http://www.anser.com.ar/bobinado\\_de\\_motores\\_electricos.htm](http://www.anser.com.ar/bobinado_de_motores_electricos.htm)



### 11.3 BOBINADO CON MAQUINAS CONVENCIONALES EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

El uso de máquinas bobinadoras de alambre de cobre, que permiten configurar las bobinas y controlar el número de espiras por bobina, es muy efectivo cuando se habla de tiempos de entrega y un buen factor de apilamiento de las bobinas. Para ello se presenta una alternativa favorable en la construcción de las bobinas. Observar la ilustración en el paquete soft-máquinas en el módulo “Bobinado”.

Gráfica 83. Maquina bobinadora



Gráfica 84. Moldes para bobinado



Fuente [http://www.armaturecoil.com/winders/winding\\_heads.htm](http://www.armaturecoil.com/winders/winding_heads.htm)

Gráfica 85. Funcionamiento de la maquina bobinadora



Fuente Foto tomada en el Taller Eléctro-Asociados - Cali





Gráfica 86. Bobina terminada con molde



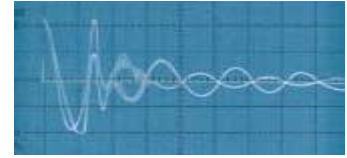
Fuente <http://www.members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Gráfica 87. Insertado de la bobina en el estator



Fuente <http://www.members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>





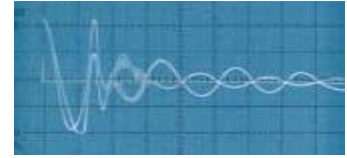
### 11.4 BOBINADO CON MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO EN EL SOFTWARE SOFT-MAQUINAS

Para el bobinado de máquinas de alto rendimiento y de precisión se requieren máquinas de control numérico asistidas por un PC. Con el empleo de esta máquina podemos brindar más precisión en el número de espiras, según los cálculos, el apilamiento y ajuste de las bobinas. También hay fábricas industrializadas donde elaboran motores en serie. Son también requeridas para la fabricación de las bobinas.

Gráfica 88. Máquina bobinadora por control numérico



Fuente <http://www.aumannusa.com/> PRODUCTOS - AIR COIL WINDERS



## **12. REQUIRIMIENTOS PARA INSTALAR EL PAQUETE SOFT- MAQUINAS**

### **12.1 SOFTWARE OPERATIVO**

Mínimo se debe contar con Windows 95

ESPACIO DE DISCO.

SE DEBE CONTAR CON UN BUEN MONITOR. Super VGA

CONFIGURACION:

Es necesario configurar el PC antes de realizar la instalación del paquete soft-máquinas. Para ello se ingresa por inicio, panel de control, configuración regional, número:

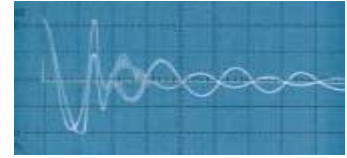
Símbolo decimal “punto” (.)

Número de dígitos decimales 2

Símbolo de separación de miles “coma” (,) )

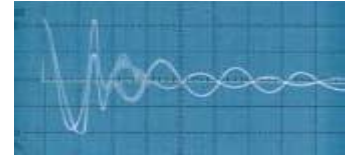
Número de dígitos en grupos 3

Nota: Si no se realiza esta configuración, el paquete presentará errores por incompatibilidad en las operaciones.



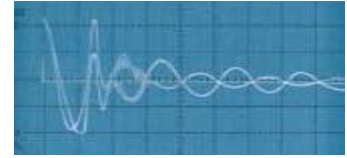
### **13. INSTALACION DEL PAQUETE SOFT-MAQUINAS**

La instalación del software soft-maquinas se puede ejecutar ingresando por mi PC o por el explorador de windows localizando la unidad CD, ingresamos a esta unidad y ejecutamos doble clip al siguiente archivo con el nombre INSTALAR. Este archivo se encarga de ubicar todos los requerimientos necesarios para que el paquete quede bien instalado.



#### **14. MANEJO DEL PAQUETE SOFT-MAQUINAS**

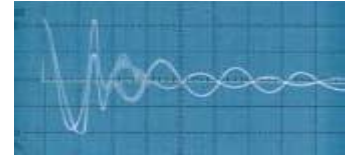
Para manipular el paquete no se requiere mucho conocimiento, si usted es un usuario familiarizado con utilidades bajo el ambiente windows. Cada forma de pantalla está validada y cuenta con las ayudas necesarias para ingresar datos y consultas.



## 15. CONCLUSIONES

Con la realización del presente proyecto se ha contribuido al fortalecimiento de las ayudas audiovisuales necesarias para la asignatura de Conversión de Energía II y III, dicho material tiene también aplicación en otras ingenierías las cuales estén estrechamente relacionadas con las máquinas eléctricas.

Igualmente, se desarrolló un instrumento que realiza la prueba toroidal asistida por un PC a los núcleos de los motores eléctricos y puede ser objeto de estudio para los estudiantes de ingeniería Eléctrica, Electrónica o Macarrónica, en futuros proyectos afines.

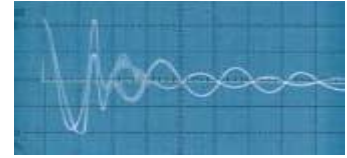


## 16. RECOMENDACIONES

En los futuros desarrollos que se implementen para realizar la prueba toroidal, se deben considerar las siguientes recomendaciones:

El instrumento debe funcionar con asistencia de microcontroladores, teclado para ingresar datos y un display que notifique el resultado de la prueba.

El costo del diseño no debe ser tan alto, con esto se busca que una gran mayoría de talleres de reparación de maquinas eléctricas puedan contar con este recurso. Y así como ingenieros podemos contribuir al uso racional de la energía eléctrica.



## BIBLIOGRAFIA

Balanceo del rotor. [en línea]. Venezuela : Servicios industriales de electricidad ca, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

Balanceo dinámico computarizado. [en línea]. España : Electrin c.a. , 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.electrin.com/espanol/servicios.html>

Bobina terminada con molde. [en línea]. España : Inartel, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

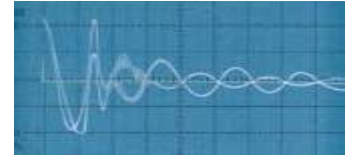
<http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Cuña en la ranura. [en línea]. Argentina : Anser, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

[http://www.anser.com.ar/bobinado\\_de\\_motores\\_electricos.htm](http://www.anser.com.ar/bobinado_de_motores_electricos.htm)

Circuito integrado ADC0808. [en línea]. U.S.A. National semiconductor, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.national.com/ds/AD/ADC0808.pdf>



Corte de la fibra que aísla las bobinas y el núcleo. [en línea]. España : Inartel, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Corto circuito entre fases. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Corto circuito entre espiras. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

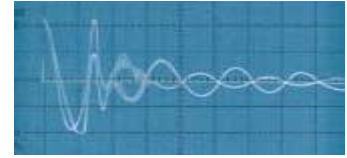
Corto circuito en las conexiones internas. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Corto en una espira. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>





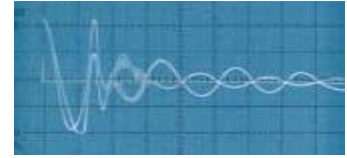
Devanado aterrizado al final de la ranura. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Devanado aterrizado dentro de la ranura. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Falla por desbalance de voltaje. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Falla por sobrecarga. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Falta de fase conexion estrella. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



Falta de fase conexión triángulo. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Generador sincrónico líneas de flujo. [en línea]. España : Ingeniería de diseño electrotécnico. s.l., 19? [citado : Marzo 27 del 2001]. Disponible por internet :

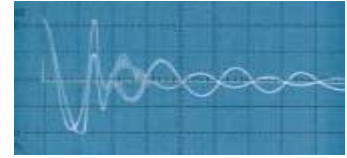
<http://www.indielec.es/mcc2.gif>

GOMEZ G, Alberto. Adquisición de datos por puerto paralelo de un PC. En : Publicaciones Cedit, revista 3 (Marzo 1995); p. 50.

GOMEZ G, Alberto. Adquisición de datos por puerto paralelo de un PC. En : Publicaciones Cedit, revista 4 (Abril 1995); p. 46.

HARPER, Enríquez. El ABC de las máquinas eléctricas / II. Motores de corriente alterna. 5 Ed. México D.F. : Editorial limusa, 1997. 416p

Horno de incineración no contaminante. [en línea]. Venezuela : Servicios industriales de electricidad ca, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet : <http://grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>



Insertado de la bobina en el estator. [en línea]. España : Inartel, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Inspección de inducido. [en línea]. Venezuela : Servicios industriales de electricidad ca, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://grupocostel.com/sidelca/servicios2.html>

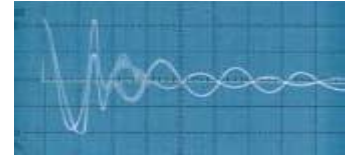
Inspección del estator. [en línea]. U.S.A. : Lange electric company 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet : <http://www.langeelectric.com>

Maquina bobinadora por control numérico. [en línea]. U.S.A. : Aumann technic motion, 19?. [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.aumannusa.com/>

Maquina bobinadora. [en línea]. U.S.A. : Ace equipament company, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

[http://www.armaturecoil.com/winders/winding\\_heads.htm](http://www.armaturecoil.com/winders/winding_heads.htm)



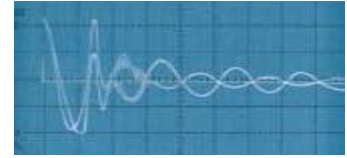
Maquinaria para corte de la corona de las bobinas de los motores eléctricos.  
[en línea]. U.S.A. : Holden, 19?. [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible en  
internet: : <http://www.eis-inc.com/holden>

Martillo neumático. [en línea]. U.S.A. : Holden, 19?. [citado Octubre 12 del  
2002]. Disponible en internet : <http://www.eis-inc.com/holden>

Meger automatico de 5 KV. [en línea]. Argentina : CONO SRL, 19? [citado  
Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.iconosrl.com.ar/ensayos1.htm>

Moldes para bobinado. [en línea]. U.S.A. : Ace equipment company, 19?  
[citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
[http://www.armaturecoil.com/winders/winding\\_heads.htm](http://www.armaturecoil.com/winders/winding_heads.htm)

Motor de corriente continua. [en línea]. España : Ingeniería de diseño  
eléctrotécnico, s.l. , 19? [citado : Marzo 27 del 2001]. Disponible por internet :  
<http://www.indielec.es/mcc1.gif>



Motor jaula de ardilla. [en línea]. España : Ingeniería de diseño eléctrotécnico, s.l. , 19? [citado : Marzo 27 del 2001]. Disponible por internet :

<http://www.indielec.es/mas1.gif>

Motor de jaula de ardilla Densidad de flujo. [en línea]. España : Ingeniería de diseño eléctrotécnico, s.l. 19? [citado : Marzo 27 del 2001]. Disponible por internet : <http://www.indielec.es/ms1.gif>

Motor monofasico. [en línea]. Perú : Pontificia Universidad católica del Perú, 19? [citado : Octubre 12 del 2002] Disponible por internet :

<http://alek.pucp.edu.pe/ApoyoaEn/MaquinasEl/index.htm>

<http://alek.pucp.edu.pe/ApoyoaEn/MaquinasEl/monofas.htm>

Motor quemado por rotor bloqueado. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>

Motor quemado por pico de tensión. [en línea]. España : Grupo ENSA, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :

<http://www.grupoensa.com/espanol/servicios/averias.html>



MILEAF, Harry. Electricidad siete. 5 Ed. México D.F. : Editorial limusa, 1982.  
144p

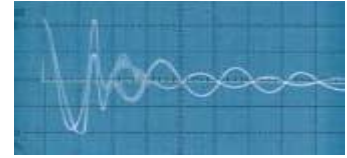
Prueba de polarización empleando Megger. [en línea]. España : Inartel, 19?  
[citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://members.es.tripod.de/inartel/Bobinajes.htm>

Prueba de vacío. [en línea]. U.S.A. : B & B Electric motor management inc, 19?  
[citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.bbelectrical.com/>

QUISPE OQUEÑA, Enrique Ciro. Material del diplomado “Ahorro de la energía  
eléctrica en instalaciones industriales”, Cali : Corporación Universitaria  
Autónoma de Occidente. 1999. 35p

ROBLEDO VÉLEZ, Rodrigo. Motores de corriente alterna y controles, Ed.  
Medellín : Compuedición, 1992. 203p

ROSENBERG, Robert. Reparación de Motores Eléctricos. 4 Ed. Barcelona :  
Editorial gustavo gili, 1974. 385p



SILER, Brian & Spotts, Jeff. Edición especial Visual Basic 6. Ed, Madrid :  
Prentice Hall, 1999. 984p

Solvente para retirar el barniz de los bobinados. [en línea]. U.S.A. :  
Joliet equipment corporation, 19? [citado Octubre 12 del 2002].  
Disponible por internet :

[http://www.joliet-equipment.com/electric\\_motor\\_repair.htm](http://www.joliet-equipment.com/electric_motor_repair.htm)

Verificación de medidas del eje. [en línea]. Venezuela : Servicios industriales  
de electricidad ca, 19? [citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://grupocostel.com/sidelca/mantenimiento.html>

Verificación de medidas del soporte de rodamientos. [en línea]. Venezuela :  
Servicios industriales de electricidad ca, 19? [citado Octubre 12 del 2002].  
Disponible por internet : <http://grupocostel.com/sidelca/mantenimiento.html>

Vibración de la maquina. [ en linea]. U.S.A. Renown electric, 19?  
[citado Octubre 12 del 2002]. Disponible por internet :  
<http://www.renown-electric.com/predictive.php3>  
<http://www.renown-electric.com/vibration.php3>